

TESIS DOCTORAL

SERIE ARTE

Conservación y Restauración de Arte Digital

Programa de Doctorado en Prácticas Artísticas y Teorías del Arte
en la Contemporaneidad
Facultad de Artes y Comunicación

Dr. Lino García Morales

Dirigido por:

Dra. Pilar Montero Vilar

Madrid, 2010

INFORME Y AUTORIZACIÓN DEL DIRECTOR PARA PRESENTAR LA TESIS DOCTORAL

El creciente desarrollo de lo digital en el universo artístico contemporáneo nos ha colocado en un contexto de cara a su preservación y conservación totalmente diferente al que se enfrentaba la restauración clásica. La tesis *Conservación y Restauración del arte digital* desarrollada por el Dr. Lino García Morales da respuesta a una situación que, cuando menos, podríamos tildar de alarmante. Frente a unas prácticas de conservación y restauración que fundamentan su "hacer" en la materia de la obra de arte, el digital es un arte inestable por naturaleza. Para afrontar su conservación y restauración el Dr. Lino García elabora un corpus complejo que desde una perspectiva transdisciplinar dará una respuesta global al problema que pretende abordar. Si en los primeros capítulos de la tesis hace una revisión exhaustiva de las teorías tradicionales y contemporáneas que avalan las intervenciones prácticas, y que le suscitan interrogantes en relación con la aplicación de esos conceptos en el caso del arte digital, en los capítulos siguientes propone una metodología de actuación, la *recreación,* que le servirá, y ahí es donde radica una de las mayores novedades y la más original de sus aportaciones, para proponer una solución metodológica y a la vez documental susceptible de ser aplicada en situaciones muy distintas. Frente a la solución de problemas únicos, el Dr. García propone metodologías que incluyen en su conservación o restauración, aunque esto pueda resultar paradójico, su propia obsolescencia.

Dra. Dª PILAR MONTERO VILAR. Directora de la Tesis CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE ARTE DIGITAL de la que es autor Dr. D. LINO PEDRO GARCÍA MORALES **AUTORIZA** la presentación de la referida Tesis para su defensa y mantenimiento, en cumplimiento del artículo 21 del Real Decreto 1393/2007, de 29 de Octubre, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales y de acuerdo a las normas reguladoras de estudios de postgrado de la Universidad Europea de Madrid.

20 de octubre de 2010

AGRADECIMIENTOS

Esta tesis simplemente no hubiera sido posible sin la ayuda y colaboración que he recibido. La conservación y restauración del arte contemporáneo, en general, y del arte digital, en particular, es, en la actualidad, un mar de interrogantes donde nadan y buscan respuesta una comunidad reducida y enérgica de profesionales. Toda la complejidad del mundo actual arremete con fuerza en cada obra haciendo de la conservación una actividad forense.

Agradezco en primer lugar a mi directora y amiga Pilar Montero. Sin su paciencia, orientación, consejos, su afán por aumentar mi legibilidad, su minuciosidad y su sentido del humor, este viaje no hubiera sido ni fructífero, ni divertido. Nadie mejor que Pilar sabe lo distinto de los mundos que habitamos en principio, la pesada dicotomía de las artes y las ciencias, y que conseguimos conciliar. Te seguiré queriendo.

A la Universidad Europea de Madrid. A pesar de que la conservación del arte digital no figura, por ahora, en su currículum siempre apoyó todas mis iniciativas: desde el primer concurso ARTCUBE para desarrollar proyectos interdisciplinares entre la Facultad de Artes y Comunicación (entonces Escuela Superior de Arte y Arquitectura) y la Escuela Superior de Politécnica, que inicié con Kepa Landa y José Carlos Cortizo, hasta la propuesta de Grado en Arte Electrónico y Digital, primer grado híbrido oficial en la confluencia arte, ciencia, tecnología en territorio español y una de las pocas iniciativas de este tipo a nivel europeo, desarrollada conjuntamente con Joaquín Ivars, Kepa Landa e Isidoro Pérez. Desde el Vicerrector de Política Científica y Profesorado Óscar García y el Rector Antonio Bañares hasta la Vicerrectora de Profesorado e Investigación Mª Adelaida Portela y la Rectora Águeda Benito. De todos ellos, solo he recibido apoyo en todos los sentidos. Gracias a todos ellos por acompañarme en este camino heterodoxo, transdisciplinar y creativo. Gracias especialmente a Joaquín Ivars, Director del Área de Bellas Artes y Diseño, por su colaboración, y compromiso; a Grego Matos, directora del Departamento de Arte; y a los profesores Enrique Corrales y Fernando Espuelas. Sin ellos tampoco hubiera sido posible esta tesis. Gracias también a Rafael Mompó, Jefe del Departamento de Electrónica y Comunicaciones y a Enrique Fernández del Río, Director de la Escuela Superior Politécnica, por animarme a seguir adelante. Gracias a Roberto Gómez y Guadalupe Serradilla, de la OTRI y, a todos los compañeros que, de una forma u otra me han apoyado.

Quiero también agradecer al Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía y, muy en especial a Jorge García Gómez-Tejedor, Director del Departamento de Conservación y Restauración, su espléndida participación y apoyo en este trabajo que, debo decir, superó con creces todas mis expectativas. Gracias también a Mikel Rotaeche y a Mayte Ortega. Sin todos ellos esta tesis hubiera sido imposible.

Gracias también a: Carol Stringari, Chief Conservator of the Solomon R. Guggenheim Museum; Glenn Wharton, Conservador de proyectos especiales del Museum of Modern Art (MoMA) en New York, Profesor de estudios museológicos de la New York University (NYU) y Director ejecutivo del INCCA para Norteamérica; Tom Learner, Director de investigación de arte contemporáneo del Getty Conservation Institute; Pino Monkes, Conservador del Museo de Arte Moderno de Buenos Aires; Gabriela Baldomá, Directora del IICRAM-Instituto de Investigación, Conservación y Restauración del Arte Moderno y Contemporáneo; Humberto Farias, Conservador del Centro de Conservación de Bienes Culturales-Universidad Pontificia Católica de Sao Paulo; Laura Barreca, Conservadora del PAN - Palazzo delle Arti Napoli y Università degli Studi della Tuscia. Muchas gracias a todos ellos por compartir muchas de las dudas y experiencias que desarrolla esta tesis.

Gracias especialmente a Salvador Muñoz Viñas, Director del Departamento de Conservación y Restauración de Bienes Culturales de la Universidad Politécnica de Valencia. Sin su libro, Teoría Contemporánea de la Restauración, citado tantas veces en este escrito, no habría tierra firme entre los mares de dudas de la conservación del arte contemporáneo pero sin sus reflexiones, aportaciones, emails, ánimos, etc. este trabajo no hubiera llegado tan lejos.

Sí son todos los que están pero no están todos los que son. Son muchas las personas que de una forma y otra me han ayudado de las que estoy sinceramente agradecido. A la memoria de mi padre Fernando y mi tío Cucho. A mi madre Pilar, mis hermanos Momi y Fernan y mi cuñada Toñi. A mis amigos Anita, Garci y Sebas, Jose, Manuel, Cipri, Juanjo, Juan Pablo, Gigi. A todos los que aún creen en este proyecto: muchas gracias.



A Hugo, Héctor y Viki

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN 1

Paradojas de la Restauración 3

Transdisciplinariedad 8

Restauración digital 10

Esquema de la Tesis 12

I Arte Digital 12

II Teoría de la Restauración del Arte Digital 13

III Conservación Evolutiva 14

IV Caso de Estudio 16

A Metodologías 17

B Tecnologías 18

I ARTE DIGITAL 21

Definir lo inestable. Un problema de categorización 21

Datar lo inestable. Un problema histórico 50

Restaurar lo inestable. Un problema por resolver 61

Conclusiones 78

II TEORÍA DE LA RESTAURACIÓN DEL ARTE DIGITAL 81

Arte Digital. Un activo emergente 81

Objeto de Restauración 86

Análisis multidimensional de la Restauración 96

Autenticidad 103

Universalidad.. 106

Reversibilidad.. 106

Objetividad.. 107

Historicidad 107

Integridad 108

Durabilidad 108

Estrategias de Restauración 117

Casos de Estudio 124

Conclusiones 130

III CONSERVACIÓN EVOLUTIVA 133

Obsolescencia tecnológica 134

Debilidad metodológica 136

Identidad Simbólica 147

Recreación 153

A3 156

Conclusiones 170

IV CASO DE ESTUDIO 173

Videotecnología 174

Medio 180

Equipamiento 180

Entorno 183

Percepción 184

6 TV Dé-coll/age 186

Planteamiento de Restauración 190

Documentación 193

Modelo 195

Diseño 197

Implementación 199

Ecualización 200

Conclusiones 205

CONCLUSIONES 207

A METODOLOGÍAS 213

MPT 214

Objetivos 218

Fases 222

Modelo 223

Datos, procesos y dominios 223

Diseño 232

Definición de entidades *a*3.*cubes*, *a*3.*nexus* 232

Valoración presupuestaria 241

Implementación 243

Planificación 243

Conclusiones 269

B TECNOLOGÍAS 273

Sistemas Complejos 275

Sistemas tecnológicos complejos 276

Componentes 277

Interacciones 280

Interconexión de Sistemas Abiertos 283

Capas, protocolos e interfaces 284

OSI 286

Arquitecturas 291

Procesadores 293

Sistemas Operativos 297

Sistemas Integrados 298

Procesos, hebras y estados 301

Comunicación entre procesos 304
Sincronización entre procesos 306
Paralelización 307
Paradigma Cliente-Servidor 315
Servicios 321
Computación en Nube 325
Virtualidad 332
Virtualización/Paravirtualización 333
Estrategias de virtualización 336
Opcodes y Bytecodes 339
Jerarquías 339
Maquinaria virtual 343
Lenguajes, Lenguas y Dialectos 346
Computación Híbrida 352
Partición 361
LINOOS 365

BIBLIOGRAFÍA 375
Obras citadas 375
Leyes, Cartas y Documentos 385
Proyectos e Instituciones 386
Referencias Tecnológicas 388

RESUMEN

Esta tesis trata la conservación y restauración del Arte Digital. Son muchas las interrogantes que plantea este reto y menos las respuestas. ¿Qué es el arte digita? ¿Qué es el patrimonio digital? ¿Cuál es la Teoría más adecuada a este tipo de prácticas? ¿Cuáles son los retos de la Restauración? ¿Cuáles son los problemas éticos que plantean? ¿Cuál es el papel de los agentes implicados: artista, conservador, comisario, coleccionista, documentalista, etc.? ¿Cómo influye en la Restauración la nueva reordenación en la intersección arte, ciencia, tecnología, comunicación, sociedad? En esta investigación se reflexiona acerca de aspectos tan multidisciplinares como la Teoría de la Restauración, el arte digital, metodologías y tecnologías relacionadas tanto con la producción como con las estrategias de Restauración lo que exige una lectura abierta y transdisciplinar y, de hecho, un símil en si mismo, del reto que supone esta confluencia.

El Capítulo I es una revisión completa del *objeto* de Restauración: el arte digital, desde diferentes puntos de vistas. ¿Por qué es importante cartografiar el arte digital? ¿Cuál es su naturaleza? ¿Cuáles consecuencias tiene la inmaterialidad? ¿Es posible definir, datar y conservar lo inestable?

El Capítulo II propone una Teoría de la Restauración del arte digital y establece sus relaciones con las Teorías Tradicionales y Contemporáneas de la Restauración. ¿Cuál es el problema conceptual? ¿Es Restaurable la inmaterialidad? ¿Hasta donde son aplicables las teorías tradicionales de la Restauración? ¿Por qué la Restauración digital?

El Capítulo III revisa la Restauración desde un punto de vista multidimensional y propone una nueva estrategia para la Restauración del arte digital: la *recreación*. ¿Por qué conservación evolutiva? ¿Representa la obsolescencia el fin del objeto? ¿Qué determina «lo digital»? ¿Es posible una Restauración alógrafa? ¿Por qué una tecnología es más apropiada que otra? ¿Qué valor aporta una metodología? ¿Por qué el paradigma de los sistemas complejos?

El Capítulo IV explora la *recreación* en la conservación del videoarte y la videoinstalación y desarrolla como caso de estudio la obra de Wolf Vostell: *6 TV Dé-coll/age*. ¿Cómo *recrear* la *imagen*? ¿Es posible conservar lo inmaterial?

El Anexo A propone una metodología para el diseño y desarrollo de proyectos transdisciplinares. ¿Por qué transdisciplinar? ¿Qué ofrece el paradigma de la complejidad? ¿Por qué debe ser incorporado en la Restauración del arte digital? ¿Por qué es importante para el nuevo conservador? ¿Es posible documentar el objeto de Restauración a partir de la información que contiene?

El Anexo B diserta acerca de las tecnologías relacionadas con el arte digital y, en definitiva, responsables directas de su obsolescencia: lenguajes, sistemas, arquitecturas, software/hardware. ¿Qué hacer con lo que existe? ¿Es posible un panorama diferente evolutivo? ¿Cómo puede ser la tecnología inmune a su propia obsolescencia?

ABSTRACT

This thesis deals with the conservation and restoration of Digital Art. There are many questions raised by this challenge and fewer answers. What is digital art? What is digital heritage? What is the most appropriate theory to such practices? What are the challenges of Restoration? What ethical issues arise? What is the role of the stakeholders: artist, conservator, curator, collector, archivist, etc.? How does Restoration act in the new order of the intersection of art, science, technology, communication, society? This research reflects on multidisciplinary aspects such as the Theory of Restoration, digital art, methodologies and technologies related to both production and the proposed Restoration strategies what requires an open and interdisciplinary reading and, in fact, it is a simile itself of the challenge of this confluence.

Chapter I is a complete revision of the object of Restoration - digital art, from different points of views. Why is it important to chart digital art? What is its nature? What implications does the immateriallity have? Is it possible to define, date and preserve the unstable?

Chapter II proposes a theory of digital art Restoration and establishes relationships with Traditional and Contemporary Theories of Restoration. What is the conceptual problem? Is immateriality able to be Restored? To which extent can traditional Restoration theories be used? Why digital Restoration?

Chapter III revises Restoration from a multidimensional point of view and proposes a new strategy for Restoration of digital art - *recreation*. Why evolutive conservation? Does obsolescence represent the end of the object? What determines «the digital»? Is an allograph Restoration possible? Why some technologies are more appropriate than others? What value does a methodology add? Why the paradigm of complex systems?

Chapter IV explores the *recreation* in the conservation of videoart and videoinstallation art and develops the work of Wolf Vostell: *6 TV Dé-coll/age* as a case study. How to recreate the image? Is it possible to preserve the immaterial?

Annex A proposes a methodology for the design and development of transdisciplinary projects. Why Transdisciplinary? What does the paradigm of complexity offer? Why should it be incorporated in Restoration of digital art? Why is it important for the new conservator? Is it possible to document the Restoration object from the information it contains?

Annex B discourses on the technologies related to digital art and, ultimately, directly responsible for its obsolescence - languages, systems, architectures, software/hardware. What can be done? Is it possible a different evolutionary outlook? How can technology be immune to its own obsolescence?

INTRODUCCIÓN

Yo trato, con dificultad, de convertir lo que ambos vimos en palabras

Luis Rogelio Nogueras

El título de esta tesis contiene dos conceptos básicos difíciles de explicar uno sin el otro por su particular interrelación. El *arte digital* es *objeto* de determinados *procesos* como son la conservación y la restauración y que constituyen el *Leitmotiv* de esta investigación; muy relacionados además con la *preservación*, *documentación*, e incluso, con la *presentación* o *exposición* y la propia *producción*. Para facilitar la comprensión y evitar la redundancia de términos se todas las actividades comunes de estos procesos, tan antiguos como la propia preocupación de transmitir la herencia cultural del pasado al futuro, se resumen en un único término: Restauración[1].

La *conservación* y la *restauración* son, desde el punto de vista patrimonial, el conjunto de procesos dedicados a la preservación de los bienes culturales para el futuro, que mantienen o devuelven la eficiencia y originalidad a un producto de la actividad humana o natural; sus actividades, como la examinación, documentación, tratamiento, prevención y cuidado, etc. están sistematizadas, legisladas y regladas. Sin embargo, cuando el objeto de estos procesos es el arte digital, el panorama es bien diferente: inexplorado, inestable, ambiguo, anárquico, etc. El arte digital es inestable por naturaleza. La obsolescencia tecnológica y la carencia de una

---

[1] Muñoz Viñas, Salvador. *Teoría Contemporánea de la Restauración*. Madrid: Editorial Síntesis, 2003. Muñoz Viñas utiliza el término *Restauración* como sinónimo de «conservación y restauración», en sentido amplio (p. 18). Aunque el objetivo es evitar ambigüedades, en cuanto a la descripción de las actividades del conservador parece razonable incluir a tal definición, en mayúscula, los procesos de *producción*, *preservación*, *documentación* y *presentación*. Este último cada vez más reclamado en la complejidad expositiva del museo contemporáneo. Los límites de los roles relacionados con estos procesos, en el arte digital, son cada vez más permeables y borrosos. De igual manera, la utilización de cualquier vocablo relacionado con la Restauración, como Restaurar, Restaurador, etc. hace referencia a actividades “comunes” en el ámbito de la preservación, conservación, restauración, documentación y presentación o exhibición.

metodología de producción y Restauración son su mayor debilidad[2]. El arte digital es quizá la última de las prácticas artísticas del arte contemporáneo que ha conseguido el interés patrimonial, histórico y cultural del que carecía; no aún, sin embargo, un corpus sistémico teórico respecto a su Restauración.

Las teorías de Restauración, excepto las funcionales, centran sus bases en la *materia* de la obra de arte. Sin embargo, el arte digital es *procesual*; solo una parte es materia activa, normalmente un ordenador o determinada tecnología digital que contiene y procesa información[3]. "Los bits componen el ADN de la información"[4]. El bit representa un estado: «1» activo, «0» inactivo; no físico, sino lógico. «Lo digital» es un sistema binario que representa la información con solo estos dos estados. Los *datos* y *procesos* son inestables, intangibles, inmateriales, virtuales. Incluso la *imagen*, como epifanía de la obra, puede ser inmaterial. El *objeto* de Restauración es intangible[5].

El arte digital pertenece a un nuevo territorio del *patrimonio cultural*: el *patrimonio digital*, que exige una mayor atención hacia la conservación de los *procesos* (como un tipo especial de datos), además de los *datos*[6].

---

[2] García, Lino y Montero, Pilar. The Challenges of Digital Art Preservation. *e-Conservation*,

[3] La «información», es un conjunto convenientemente estructurado y organizado de datos procesados. El «dato», es una expresión mínima de contenido con determinada representación simbólica: numérica, alfanumérica, algorítmica, etc. mientras que un «proceso», del latín *processus*, es un conjunto de actividades o eventos (coordinados u organizados) que se realizan o suceden (alternativa o simultáneamente) con un fin determinado.

[4] Cilleruelo, Lourdes. *Lo digital en el arte*. Editorial MNCARS, 2008.

[5] Muñoz, *Teoría Contemporánea de la Restauración*, *op. cit.*, p. 36. "el salto desde los bienes físicos hacia los metafísicos".

[6] Webb, Colin, *et al.*, *Directrices para la Preservación del Patrimonio Digital,* preparado por la Biblioteca Nacional de Australia, División de la Sociedad de la Información, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 2003, en: http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001300/130071s.pdf, [Consulta: 15-11-2009]. Este documento contiene directrices generales y técnicas para la preservación del creciente

Es necesario, por lo tanto, establecer una base conceptual que permita el enfoque correcto de los procesos de Restauración, particulares a las diferentes prácticas en el ámbito del arte digital. Sin embargo, la búsqueda del proceso «óptimo», a un *objeto* singular es una tarea forense[7] y compleja (dada la *contaminación* de disciplinas, lenguajes, narrativas, y la naturaleza «intermedial», del arte contemporáneo). Es el propio *objeto* metafísico el que determina sus procesos de Restauración. Cada obra presenta un problema diferente para el Restaurador. Parece razonable entonces definir lo inestable antes de tratar cómo Restaurarlo.

Es inevitable una estrategia de *conservación evolutiva* con una metodología de lectura-producción y Restauración que permita analizar-producir *objetos*, resistentes a la obsolescencia tecnológica. El *objeto* está obligado a evolucionar, adaptarse, cambiar, necesita mutar para sobrevivir al tiempo. Las intervenciones sobre el objeto están encaminadas a garantizar su estado futuro y prevenir alteraciones de su comportamiento, ya sea debido a su factura (en relación a las carencias de metodologías de producción), al deterioro de algunas de sus partes o del todo o a su propia obsolescencia. Todas estas acciones son, por lo tanto, naturales a la Restauración.

Paradojas de la Restauración

La responsabilidad de los museos de arte contemporáneo de estudiar, divulgar y conservar su colección genera una serie de paradojas en el ámbito de la Restauración del arte digital cuyas consecuencias son aún difíciles de cuantificar. De hecho los procesos involucrados en la Restauración, como condicionantes de la evolución del objeto, han devenido en una importante e insospechada fuente para el estudio del arte contemporáneo.

---

patrimonio digital mundial y el acceso permanente al mismo y tiene por finalidad servir de manual de referencia sobre el *Proyecto de Carta para la Preservación del Patrimonio Digital*. Sin embargo es una iniciativa parcial orientada a la preservación de *datos*, no de *procesos*; textos, bases de datos, imágenes fijas o en movimiento, grabaciones sonoras, material gráfico, programas informáticos o páginas *Web*, entre otros. Aunque se hable de patrimonio digital está claro que: lo digital es el soporte y la creación lo patrimonial.

[7] En cuanto a la aplicación de prácticas científicas transdisciplinares en los procesos no necesariamente para uso legal.

Restaurar lo nuevo. El arte digital no ha resistido el paso del tiempo. Se colecciona lo que Philip Fisher denominó "pasado del futuro"[8] mientras que "la concepción de un museo de arte del futuro es, en sí, una contradicción"[9]. Los trabajos contemporáneos valorizados al entrar a la colección del museo son en un sentido proyectados al futuro, juegan un papel en una historia anticipatoria[10].

Restaurar lo inconcluso. El arte digital es tecnología. Cualquier obra de arte digital es, técnicamente, un *objeto-sistema* que consume, procesa, almacena y produce información fundamentalmente, que no exclusivamente, perceptual, que rompe su ciclo evolutivo al entrar a la colección del museo[11]. Es este último el responsable de cualquier mutación imprescindible que garantice su supervivencia.

Restaurar lo reproducible. El arte digital es post-aurático[12]. El concepto de originalidad y unicidad es débil: cita, apropiación, réplica, incluso plagio,

---

[8] Fisher, Phillip. *Making and Effacing Art Modern American Art in the Culture of Museums*. New York: Oxford University Press, 1991 *cit.* en Altshuler, Bruce (Ed). Collecting the New: A Historial Introduction. *Collecting the New: Museums and Contemporary Art*. New Jersey: Princeton University Press, 2004, p. 2.

[9] Ippolito, Jon. *El museo del futuro: ¿una contradicción en los términos?* Disponible en: http://aleph-arts.org/pens/museo_futuro.html, 1998, [Consulta: 6-5- 2010]. Este artículo apareció originalmente en *Artbyte_*, Junio-Julio 1998. Ya desde las vanguardias se cuestionaba "lo museable". Según Gertrude Stein "Algo puede ser moderno o museable pero no ambos a la vez" en Rusell, Lynes. *Good Old Modern: An intimate Portrait of the Museum of Modern Art*. New York: Atheneum, 1973 *cit.* en Altshuler, Bruce (Ed). Collecting the New: A Historial Introduction. *Collecting the New: Museums and Contemporary Art*. New Jersey: Princeton University Press, 2004, p. 1.

[10] Altshuler, Bruce (Ed). Collecting the New: A Historical Introduction, en *Collecting the New: Museums and Contemporary Art*, New Jersey: Princeton University Press, 2004, pp. 1-13.

[11] Cualquier sistema tecnológico tiene un complejo ciclo de vida que se inicia con su diseño y no termina precisamente con su producción (lo que en el ámbito de la tecnología se denomina *puesta a punto*) sino con un largo ciclo de *mantenimiento* casi siempre en espiral hasta conseguir la estabilidad y robustez deseada y que, debido a la obsolescencia, tiende a infinito en el tiempo.

[12] Benjamin, Walter. La obra de arte en la época de su reproductibilidad técnica en *Discursos Interrumpidos I*. Madrid: Taurus Ediciones, 1973. Benjamin trabaja sobre la idea de que

son mecanismos habituales de sus prácticas artísticas. La unidad potencial de la obra de arte se rompe.

Restaurar lo decrépito. La evolución tecnológica tiene la capacidad de producir tecnologías perdurables. Se dispone de la técnica para producir productos duraderos a la vez que se genera la necesidad de adaptación al cambio permanente de las tecnologías. Pero la compleja relación desarrollo tecnológico-crecimiento económico hace imposible esta tautología. El desarrollo tecnológico es la fuente de progreso económico y de productividad[13] a la vez que conocimiento y constituye los ejes centrales del progreso social. La tecnología ha pasado a ser el principal factor de productividad y el instrumento imprescindible para la competitividad y rentabilidad de los agentes económicos. La innovación impone obsolescencia[14].

Restaurar lo inmaterial. El objeto de Restauración, las partes o el todo, tiene un componente metafísico que funciona como *aspecto*. Los procesos objetivos de Restauración del aspecto inmaterial son indirectos, a través de

---

existen condiciones materiales de producción a nivel de superestructura; se propone pensar el arte desde la innovación tecnológica, desde el criterio de la creación de un nuevo concepto de arte y las mismas condiciones de recepción. Afirma que el arte no es solo reflejo y reproducción, sino que también es producción material. La reproductibilidad técnica genera la pérdida del aura, como pérdida del valor cultual, del objeto único y original, ya que al permitir la reproducción existen innúmeras copias exactamente iguales. En la reproducción técnica mejor lograda falta el "aquí y ahora" de la obra original, eso constituye, según Benjamin, el *aura*: "[es la] manifestación irrepetible de una lejanía (por cercana que pueda estar)". Esta pérdida del *aura* es, para Benjamin algo positivo, un signo de desarticulación de la tradición (como algo fijo y regresivo), como capacidad de acercar el objeto a su destinatario, en el sentido de cercanía física y en el sentido democrático, e impide que adquiera un valor cultual, extático, ritual e inaccesible.

[13] Los modos de incrementar la producción definen, en cada momento, la estructura y dinámica del sistema económico.

[14] El crecimiento económico es una medida: la variación positiva del Producto Interior Bruto (PIB) Real durante varios años (del incremento de la producción en forma continua). Este incremento de la producción es sostenible siempre y cuando haya innovación tecnológica en los procesos productivos. Mejor tecnología supone mejor productividad y con ello la elevación de los niveles de competencia en el mercado.

la *estructura*, y dirigidos por la percepción subjetiva de una *imagen*: inicial, correcta, actual[15].

Restaurar lo inestable. La carencia metodológica agudiza la fragilidad de un arte que depende de la energía y que habita en un entorno agresivo, interactivo, vulnerable y decadente. Artefactos únicos, procesuales, con montajes y secuencias de operación complejas funcionando en regímenes y espacios dispares y diversos[16].

Restaurar lo voluble. La obsolescencia tecnológica impone una serie de decisiones futuras que involucran, inevitablemente, al artista. La cooperación transdisciplinar debe aportar nuevos criterios que sirvan de fundamento a ese arbitraje. Sin embargo, las tensiones entre la Ley de la Propiedad Intelectual y la Ley de Patrimonio pueden inclinar la balanza positiva o negativamente al proceso de Restauración. Las preocupaciones del artista y el Restaurador pueden ir, según el caso, en sentido contrario[17].

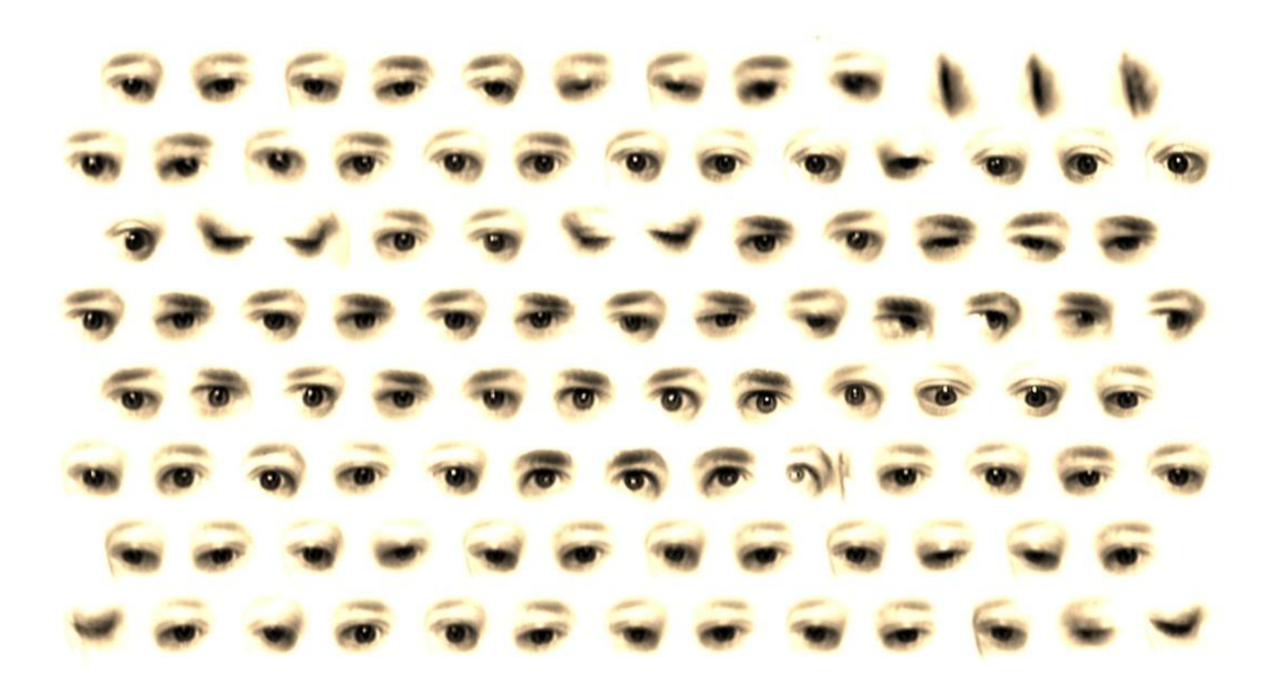
---

15 Muñoz, *Teoría Contemporánea de la Restauración*, *op. cit.*, pp. 84-91. En relación a los "estados auténticos del objeto" o "estados de verdad" y que se pueden resumir en: "estado auténtico como estado original" o *inicial*, "estado auténtico como estado prístino" o *correcto*: "estado que debería tener, aunque de hecho, no lo haya tenido nunca", "estado auténtico como estado pretendido por el autor" (variante del estado anterior) o "estado auténtico como estado actual" o *actual*.

16 Villaescuerna, Pureza. Videoarte: La evolución tecnológica. Nuevos retos para la conservación. Registro de videoarte: Aprehendiendo lo intangible. MNCARS, 2007, p. 121. "Gary Hill [llegó a decir en la entrevista realizada por el Departamento de Restauración del MNCARS] que su estado ideal [la forma en que se presenta su obra] sería «un solo ordenador, donde solo fuera necesario un botón, eso es todo»". La alusión a "un botón" es un reclamo, sin duda, a la simplicidad del montaje en el proceso de *exposición*.

17 La Ley de la Propiedad Intelectual potencia el papel del artista mientras que la Ley de Patrimonio la de la institución responsable de la conservación del bien. Se produce a corto plazo mientras que se Restaura a largo plazo. Al artista le preocupa cuestionar, experimentar los materiales, llevarlos al límite; al Restaurador estabilizarlos. Al artista le interesa el presente, al Restaurador el futuro. Ambos, artista y Restaurador, tienen voz y voto en todas las determinaciones futuras de la obra desde posiciones y formaciones que pueden entrar en contradicción y que, de hecho, son motivo de debate ético. El artista es el «maestro armero» de su obra pero no es Restaurador.

Cada obra de arte digital es un «caso de estudio». La producción, la tecnología empleada, las condiciones de funcionamiento, las exigencias, etc. son únicas. No existe una línea de producción estandarizada y las opciones de producción son prácticamente infinitas. La calidad de documentación de las obras no es uniforme ni homogénea. Adquirir obras digitales es sinónimo de absorber un número elevado de problemas complejos irresolubles a simple vista.



1. Golan Levin. *Eyecode*, 2007. Instalación interactiva cuya imagen se autoconstruye de lo que «ve». Por medio de una cámara oculta, el sistema registra y reproduce vídeo clips breves de los ojos de sus espectadores. Cada clip se articula por la duración de entre dos parpadeos del espectador. El desconcertante resultado es un tapiz tipográfico de observación recursiva. Está implementada con *openFrameworks* y utiliza la biblioteca de visión por ordenador *OpenCV*.

El arte digital es antagónico a lo conservable; es activo (necesita energía), efímero, intangible, inmaterial e intrínsecamente obsolescente a pesar de contar con todos los recursos para perdurar en el tiempo. Estas paradojas ponen en crisis los pilares básicos que soportan la Restauración tradicional:

historicidad, *integridad*, *autenticidad*, *reversibilidad*, *objetividad*, *universalidad*, *durabilidad* e invitan a una revisión profunda de las teorías tradicionales de la Restauración. La naturaleza del arte digital condiciona las actividades relacionadas con la transmisión al futuro del bien ya sea a corto (empezando, incluso, desde la *producción*; la *exposición*) o largo plazo (*preservación, conservación y restauración*) y en la *documentación*. *Progresividad*, *inmaterialidad* y *reactividad* son consecuencias, que no causas, de esta naturaleza temporal; así como todos los problemas éticos que derivan de ello.

Transdisciplinariedad

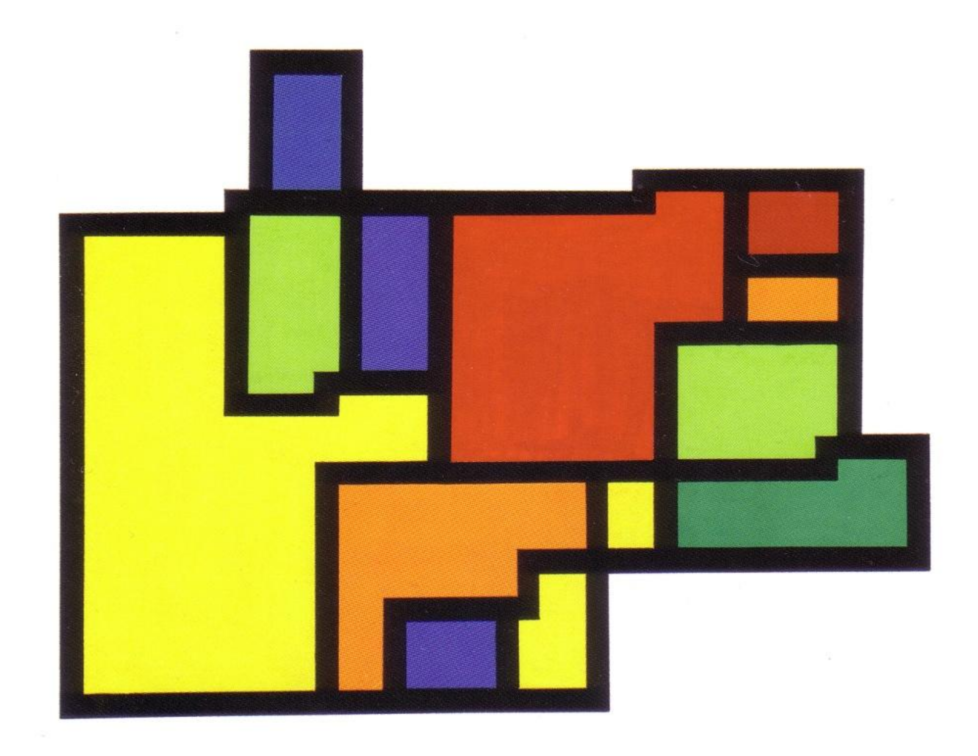
La Restauración del arte digital es una práctica transdisciplinar[18] que se produce en la intersección del arte, la ciencia, la tecnología, la comunicación, etc. Las actividades relacionadas con los procesos de producción, documentación, preservación, conservación, restauración y presentación, de una obra de arte digital, no aparecen aisladas e inconexas sino completamente imbricadas y enlazadas. La participación de cada uno de los agentes: artistas, técnicos, especialistas, comisarios, documentalistas, gestores, etc., en cualquiera de los procesos es fundamental y esto es significativamente diferente en relación a los objetos tradicionales en muchos aspectos[19].

Esta necesidad de encuentro entre disciplinas plantea un reto en la comunicación. El uso de un lenguaje común, preciso y accesible a todos los agentes, es imprescindible para abordar la Restauración del arte digital. Sin embargo el arte es ambiguo y la tecnología racional lo que introduce otra paradoja: el objeto de Restauración puede significar ambigüedad desde una producción conclusiva; pero un objeto inconcluso no puede ser robusto ni estable. No es susceptible de Restaurar.

---

[18] Gibson, Steve. Introduction: Why Transdisciplinary Digital Art? en Adams, Randy; Gibson, Steve; Arisona, Stefan Müller (Eds). *Transdisciplinary Digital Art, Sound, Vision and the New Screen*. Springer, 2008. Communications in Computer and Information Science, Volume 7, Part 1, 1-2.

[19] Inside Installations, en: http://www.inside-installations.org/ , [Consulta: 7-10-2010].



2. Hiroshi Kawano. *Kawano_2 Series of Artificial Mondrian*, 1966. Representación «explícita», del carácter procesual del arte digital.

La Restauración del arte digital parece imposible. Efímero y permanente, perecedero e inmortal (la voluntad del artista versus la obligación de la institución), objetual y conceptual, transitoriedad y posteridad, son solo algunas antinomias que, ante el papel de memoria colectiva que representa el patrimonio cultural de la humanidad, merecen un profundo análisis. Como apunta Olenshläger "la transdisciplinariedad es un sistema operativo de código abierto"[20].

[20] Olenshläger, Karin. Mesa 4. ARTE, CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD. *I Foro de Creatividad e Innovación Transversal*. Madrid: UEM, 2010. Karin es crítica y comisaría de exposiciones especializada en arte contemporáneo y nuevas tecnologías, cofundadora y codirectora de MedialabMadrid (2002-2006).

Restauración digital

El mundo «real» es analógico y seguirá siendo analógico, al menos visto desde una observación mucho más allá de las micropartículas, pero su análisis y control *es*, desde aproximadamente la segunda mitad del siglo XX, y muy probablemente *será*, durante mucho tiempo del futuro, digital. En este modelo discreto del mundo solo intervienen tres elementos: la *información*, representada por *datos* binarios; los *procesos* que consumen, almacenan, transforman y generan datos; y el *soporte* físico que permite la activación de tales procesos; normalmente un *procesador* digital y un complejo de dispositivos *periféricos*; «cerebro» y «cuerpo», respectivamente, de las tecnologías digitales[21].

En el mundo «real», analógico, las variables (datos) que se utilizan para cuantificarlo son continuas. Por muy pequeña que sea una magnitud siempre es posible hallar un valor capaz de representarla. Sin embargo desde que Nyquist y Shanon demostraron que era posible «discretizar» la información, sin pérdidas, nada volvió a ser como antes[22]. La posibilidad de representar la información en una secuencia de números binarios; copiable infinita e idénticamente, transmisible libre de error y almacenable de forma barata y segura aceleró la tercera revolución industrial durante la cual se desarrolló el corpus teórico y tecnológico del proceso de discretización o digitalización.

---

[21] Los *procesos* y *datos* conforman las partes "blandas" del sistema: el *software*; mientras que el *soporte* la parte "dura": el *hardware*. El *software* es intangible, inmaterial, mientras que el *hardware* es tangible, material. A pesar de ser términos de uso frecuente importados del inglés, para evitar ambigüedad se utilizan los términos hardware/software (HW/SW).

[22] Harry Nyquist conjeturó en 1928, en "Certain topics in telegraph transmission theory", las condiciones de reconstrucción de una variable o señal continua a partir de sus muestras. Dicho de otro modo, la información completa de la señal analógica que cumple el criterio anterior está descrita por la serie total de muestras resultantes del proceso de muestreo. Calude E. Shanon demostró en 1948, en "A Mathematical Theory of Communication", en lo que se conoce como *Teoría de la Información*, cómo se debe realizar esta cuantificación. La *entropía* determina el número promedio de bits necesarios para representar la información.



3. Lillian Schwartz. *Mona/Leo*, 1986.

El mundo analógico desaparece con fecha de caducidad programada[23] arrastrando con él obras y colecciones emblemáticas relacionadas con las tecnologías analógicas[24]. La «era digital» ha llegado para instalarse en la «sociedad de la información». Este hecho, sin embargo, conecta directamente con la Restauración. La realización de copias digitales (denominada comúnmente digitalización) puede perfectamente producir materiales de *patrimonio digital* que necesiten ser preservados[25]. La *digitalización* se puede considerar como una migración imprescindible que reordena los procesos de Restauración. Fascinaciones aparte, no existe una *Carta del Restauro* que soporte al arte digital y el tiempo apremia; es imprescindible pasar a la acción. La relación entre el riesgo de pérdida y el

---

[23] Desde el 1 de Enero de 2010, por ejemplo, no existe en España televisión analógica.

[24] Electrónicas, por ejemplo. Las ya permeables fronteras entre las prácticas artísticas electrónicas y digitales se desdibujan en lo que se podría llamar un desbordamiento de lo digital.

[25] Webb, *op. cit.*, p. 18. Los materiales patrimoniales digitalizados pasan a ser conservados en formato digital; como consecuencia de ello, se convierten en patrimonio digital y, por lo tanto, exigen una Restauración digital.

tiempo se torna exponencial y la obsolescencia, ya sea planificada, percibida o especulativa, su principal catalizador. La Restauración debe ser digital.

Esquema de la Tesis

Esta tesis consta de cuatro capítulos y dos apéndices que funcionan como partes autocontenidas del libro. Todas las partes están construidas desde diversas publicaciones, informes de resultados de investigación, manuscritos, etc. El hilo conductor del libro es el *objeto* de Restauración: el arte digital y, los diferentes *procesos* de Restauración.

I Arte Digital

Este capítulo provee las bases del *objeto* de Restauración. El patrimonio digital tiene serios problemas para su transmisión al futuro con fecha de caducidad "planificada"; urge actuar ahora, antes de una muerte, súbita o no, pero definitivamente irreversible. El arte digital es parte de ese patrimonio. Los retos de su Restauración, los más desafiantes sin duda, son la obsolescencia tecnológica y la ausencia de una metodología de producción-lectura, Restauración. Las obras además de inmateriales, intangibles, son inestables; inestabilidad que, la mayoría de las veces, se debe a un insuficiente proceso de producción.

La definición del arte digital requiere la exploración de sus territorios e intersecciones en una cartografía determinada por la tecnología y de un examen minucioso en su contexto histórico. Este mapa es importante para situar las acciones de Restauración. El arte digital, como objeto de Restauración, es de naturaleza inmaterial mientras que la Teoría tradicional de la Restauración presupone un bien material. Pero no es esta inmaterialidad, sino su carácter activo, lo que obliga a una revisión incluso de la *Teoría contemporánea de la Restauración*[26]. Esta propiedad es su talón de Aquiles. El arte digital se basa en procesadores digitales (el ordenador

---

[26] Muñoz, *Teoría Contemporánea de la Restauración*, *op. cit.*, p. 13. "la teoría contemporánea [de la Restauración] existe, pero en un estado difuso". El libro *Teoría Contemporánea de la Restauración*, de Salvador Muñoz Viñas, es un esfuerzo de valor incalculable en la articulación coherente, sistemática y nítida de un conjunto de teorías fragmentadas, laterales y en expansión que conforman, de hecho, la teoría contemporánea de la Restauración.

por excelencia) que consumen energía eléctrica y poseen un breve período de eficiencia determinado por la obsolescencia tecnológica.

Por último se recopilan las iniciativas, acciones, programas y esfuerzos más relevantes para resolver la Restauración del arte digital. Todas las acciones de Restauración están orientadas a un "caso de estudio"; es como una suerte de ciencia forense que, aunque puede compartir enfoques, procedimientos y herramientas generales, requiere inevitablemente llegar a lo particular: cada obra es un mundo.

II Teoría de la Restauración del Arte Digital

Este capítulo desarrolla un acercamiento a la Restauración desde un punto vista dimensional; mediante la introducción de la variable *tiempo*; ya sea voluntaria o involuntariamente. *Progresividad*, *inmaterialidad* y *reactividad* son consecuencias, que no causas, del efecto temporal; así como todos los problemas éticos que derivan de ello. A modo de resumen, que no conclusiones, este texto pone de manifiesto la necesidad de una nueva teoría de la Restauración para el arte digital, que poco tiene de tradicional, extensible a otras regiones del arte contemporáneo.

Las teorías tradicionales de la Restauración se basan en la materia. Un enfoque funcional divide el objeto de restauración en *imagen* y *soporte* que proveen *aspecto* y *estructura*, respectivamente. Para la teoría tradicional ambos, *imagen* y *soporte*, son materia mientras que, para la teoría contemporánea de la Restauración, la *imagen* puede ser inmaterial o híbrida y la *estructura* además del *soporte* puede contener *procesos* y *datos*; ambos inmateriales e intangibles. Esta *estructura* procesual y la dualidad *símbolo-sistema* del bien caracteriza el objeto de Restauración. Se Restaura el *objeto- símbolo* interviniendo el *objeto-sistema*. Es imposible pasar por alto la expansión de la tecnología digital, se habla de hecho de una «era digital», en la medida en que influye tanto en la producción como en la Restauración de los *objetos-sistemas*. Lo digital se establece no solo como herramienta, sino como medio.

La naturaleza holística, inmaterial, ubicua, clonable, del arte digital contradice todos los fundamentos de la Restauración tradicional: *autenticidad*, *objetividad*, *universalidad* y *reversibilidad*; así como *historicidad*, *integridad* y *durabilidad*. Los procesos de *producción*,

documentación, *exposición*, *preservación*, *conservación* y *restauración* son complejos; con una orientación fáctica a «casos de estudio», costosa y necesariamente transdisciplinar. El papel de los agentes implicados en la Restauración: artista, conservador, comisario, documentalista, galerista, etc. se desdibuja en un intrincado y complejo sistema de toma de decisiones.

La *documentación* y *exposición* del bien no son ajenas a esta revolución. Existe una gran tendencia a basar la Restauración en la *documentación*; sin embargo, aún cuando facilite determinada decisión respecto al futuro de un bien, no es suficiente. Todos estos procesos deben cooperar entre sí para conseguir una transmisión a la posteridad desafiando nuevos y complicados retos entre los que se encuentra la obsolescencia tecnológica y la ausencia de metodologías y procedimientos de actuación en prácticas donde confluyen arte, ciencia, tecnología, comunicación, sociedad, etc. y los raros y complejos dilemas éticos que suponen. La vida real es enrevesada, los "sistemas" se comportan de manera caótica y la Restauración debe ser capaz de absorber esta diversidad.

En este capítulo se definen y analizan en profundidad las principales estrategias: *sustitución*, *migración*, *emulación* y *reinterpretación* aplicadas en la actualidad. Ninguna de ellas garantiza el *aspecto* lo que abra el debate ético acerca de la autenticidad/falsedad de la Restauración en el arte digital. La *recreación* es una estrategia de *conservación evolutiva* en esta dirección. La *conservación* exige la evolución de la obra. Esta requiere determinado *estado conservable* que involucra el proceso de *producción*. La *recreación* lleva la obra a ese estado.

III Conservación Evolutiva

El concepto de *conservación evolutiva*, aunque no es original (el proyecto Variable Media ya planteó la necesidad de la *Permanencia a través del cambio*), es imprescindible en la Restauración del arte digital. Solo con una estrategia de *conservación evolutiva* es posible enfocar correctamente y resolver los problemas que generan la *obsolescencia tecnológica* y la *debilidad metodológica* en los procesos de *producción* y Restauración. Sin embargo, el objetivo del proyecto Variable Media fue establecer protocolos que permitiésen un acercamiento flexible a la preservación de prácticas artísticas basadas en el tiempo independiente del medio. Esta estrategia, para provocar y encauzar su reflexión, confeccionó un "cuestionario" como

instrumento para esclarecer la forma en la cual un creador desea que su obra sea *re-creada*. El nuevo rol del artista (al menos su alto grado de inclusión) genera, según se pondere, no más de un dilema ético a la vez que el "cuestionario", exclusivamente, no soluciona los problemas de Restauración del bien.

La Restauración del arte digital se basa en algunas estrategias básicas: *sustitución*, que consiste en almacenar los elementos o partes susceptible de reposición que permitan Restaurar una obra; *emulación*, que permite mantener la apariencia del medio original en un medio completamente diferente; *migración*, que re-implementa procesos y datos en un soporte nuevo, implica la actualización del equipamiento y material original; *reinterpretación*, que permite redefinir una obra en un medio contemporáneo con el valor metafórico de un medio obsoleto. Excepto la *sustitución* (con las limitaciones que supone simplemente acumular) ninguna de ellas Restaura la *imagen* perceptualmente resultando, inevitablemente, el versionado. La *Teoría contemporánea de la Restauración* defiende la Restauración del valor simbólico lo que conlleva a la cuestión de si existe una *identidad simbólica* y en que grado es posible Restaurarla.

El arte digital, por su naturaleza procesual, se puede considerar *alográfico*. La prueba de *autenticidad*, para este tipo de artes, está en la corrección de la transcripción en determinada notación lo que conduce al desarrollo de una estretagia basada en un sistema de notación para la Restauración: la *recreación*.

La *recreación* es un enfoque original, como estrategia de *conservación evolutiva*, porque permite *producir* o *adaptar* una obra en/a un «estado conservable»; interviene en la *estructura* para mantener el *aspecto* perceptualmente «idéntico». La *recreación* se basa en A3: una herramienta metodológica que provee una *infraestructura tecnológica* y una *superestructura metodología* diseñada expresamente para resistir a la obsolescencia tecnológica y adecuar el bien no solo a su Restauración, sino también a los procesos de *documentación* y *exposición*. Esta estrategia exige *recrear* la obra (caso que fuera desarrollada con otras metodologías; lo que puede suponer una "versión" del bien) pero no de cualquier manera, al estilo de la *migración* y la *reinterpretación*, sino a través de una metodología: A3, que garantiza el alcance de un «estado conservable». El esfuerzo y coste de la *recreación* (tampoco ajeno a las otras estrategias) se

compensa con la adaptación a un formato inmune a la obsolescencia tecnológica, preparado para evolucionar. La *recreación* permite una conservación evolutiva, en completa armonía con la naturaleza del arte digital.

IV Caso de Estudio

El videoarte es posiblemente, la práctica artística del arte digital, que mayor atención ha recibido desde el punto de vista de su Restauración: es el medio por defecto del arte contemporáneo. La videoinstalación, sin embargo, pese a compartir el mismo medio, posee el añadido de que su estructura escultórica forma parte de la *imagen*. Ambas prácticas dependen de los desarrollos técnicos audiovisuales como ninguna otra a causa del *formato* (correspondientemente el *medio*) y la *máquina* (y todos los *procesos* asociados capaces de "leer" el *formato*) que albergan los *datos* y *procesos*, respectivamente y que funcionan como estructura. Ambos, *formato* y *máquina*, son obsolescentes por naturaleza. En el videoarte solo la *imagen*: el elemento virtual, intangible, inmaterial, es importante; mientras que, en la videoinstalación, la estructura lo es en cuanto forma parte de la *imagen* y, por lo tanto, tenga un componente material.

La percepción de la parte inmaterial de la *imagen* es subjetiva por naturaleza; sin embargo, su conservación tiene un componente objetivo ineludible y poco explorado. En este capítulo se describe el enfoque conceptual particular de ambos: *videoarte* y *videoinstalación* y se aplica la estrategia de *conservación evolutiva*: *recreación* al «caso de estudio» de *6 TV Dé-coll/age*, de Wolf Vostell; una obra emblemática en la historia de la videoinstalación que pertenece a los fondos del Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía.

El planteamiento de conservación de la obra de Vostell es el objetivo principal de un proyecto conjunto de investigación entre el Departamento de Conservación y Restauración del Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía y la Universidad Europea de Madrid. La selección de esta obra, en grave peligro de pérdida, ofrece una oportunidad singular porque permite un acercamiento a la obsolescencia tecnológica de uno de los medios más extendidos (televisión y vídeo analógico) desde una obra emblemática y operativa; lo que permite un constraste objetivo y profundo de la *recreación* versus otras estrategias de Restauración.

A Metodologías

El objeto de Restauración del arte digital, como *objeto-sistema*, es un sistema de ingeniería complejo muy sensible a la obsolescencia tecnológica y cuya estabilidad y ciclo de vida depende, en gran medida, de su concepción y producción y mantenimiento. Este vínculo influye directamente en todas las decisiones respecto a su conservación y restauración. Disponer de una metodología de Restauración, útil incluso para la producción, que genere o adapte objetos a un estado resistente a la obsolescencia tecnológica y estable no es solo una necesidad, sino un reclamo.

En este capítulo se detalla la Metodología para la Evaluación y Desarrollo de Proyectos Transdisciplinares (MPT), desarrollada por el autor en el contexto del proyecto ARTCUBE: un concurso para promover la actividad transdisciplinar entre estudiantes de artes e ingeniería. La MPT permite *producir* obras de arte digital según el paradigma de los sistemas complejos con mecanismos adecuados a una conservación evolutiva que las hacen "resistente" a la obsolescencia tecnológica. A3, metodología en la que se basa la estrategia de *recreación* es una adaptación de MPT. Sus dos primeras fases: *modelo* y *diseño*, son idénticamente iguales mientras que la fase de *implementación*, que en MPT está diseñada en el contexto de un proyecto educativo anual (para la consecución de la asignatura proyecto de fin de carrera mediante técnicas de aprendizaje cooperativo basado en proyectos), en A3 queda libre de una organización temporal y curricular tan precisa. La MPT se ilustra mediante un ejemplo de *producción* (proceso para la cual fue diseñada inicialmente); sin embargo no existe ninguna contradicción en cuanto facilita igualmente los procesos de *documentación*, *exposición*, *preservación*, *conservación* y *restauración*.

A3 se basa en una arquitectura de dos niveles: una *superestructura metodológica* y una *infraestructura tecnológica* y, en ello difiere de otras metodologías: propone una forma determinada de diseño condicionada, adecuada, a la Restauración. En A3 un *objeto-sistema* es un sistema distribuido, concebido según el paradigma de los sistemas complejos, formado por *componentes*, *a*3.*cubes*, interconectados entre sí a través de *interfaces*, *a*3.*nexus*. Cada *componente* se comporta como una «caja negra» que aisla su implementación de su comportamiento. El uso de *interfaces* «universales» permite la sustitución de los *componentes* sin alterar el

comportamiento global del sistema ya sea por necesidad de migración o de sustitución. Esta independencia de la tecnología es precisamente lo que le libera de la obsolescencia tecnológica; la posibilidad de evolucionar consistentemente en el tiempo; hacer realidad la metáfora de la «permanencia a través del cambio».

Esta metodología, transdisciplinar y compleja (en cuanto satisface el paradigma de los sistemas complejos) genera, como un subproducto, una *documentación* independiente de la implementación, no perecedera, a modo de sistema de notación que permite una Restauración planificada y satisfactoria. Por último se establece una comparación con otras metodologías y se destaca la importancia de insertar este tipo de formación en el ámbito académico; no solo para artistas, sino para conservadores, comisarios, etc. responsables, en definitiva, de la Restauración del arte digital.

B Tecnologías

El arte digital es activo, necesita energía para manifestarse. En su *soporte*, normalmente un procesador digital, confluyen innumerables disciplinas tecnológicas entre las que destacan: *software* y *hardware* (SW/HW). De hecho otras disciplinas: robótica, redes, prototipado, sensores y actuadores, inteligencia artificial, etcétera; dependen de alguna u otra manera del SW/HW. Esta subordinación se debe, fundamentalmente, a la irrupción de la «era digital». Aunque el mundo es continuo, su representación, control y observación se realiza, desde la tercera revolución industrial, de manera discreta. El arte digital utiliza todas estas tecnologías no solo como herramienta sino como medio de expresión.

No es posible en este contexto hacer un tratado de incluso solo los aspectos más relevantes de estas tecnologías. La ausencia de conclusiones en este anexo es una cita a lo infructuoso de este esfuerzo. Lo que hoy es tecnología punta mañana no será más que chatarra. Pero sí es interesante reflexionar acerca de aquellos aspectos generales como sistemas abiertos y complejos, procesos, comunicación y paralelización de procesos, arquitecturas de procesado, lenguajes, diseños híbridos, virtualidad, etc. desde el punto de vista de su repercusión en la labor de Restauración; en una estructura ordenada por estrategias y mecanismos que han sobrevivido al paso del tiempo. Lo nuevos equipos de Restauración, cuya misión es la

transmisión del arte digital al futuro, no pueden eludir estas complejas, cambiantes y variadas áreas de conocimiento. Solo con su dominio se podrá alcanzar una Restauración científica.

Por último, en este Anexo se reflexiona acerca de cómo debería ser una tecnología sintonizada con la Restauración del arte digital. Vivimos en una «era de la información» con poderes fácticos incuestionables desde la intersección de los nuevos medios y la tecnología (las redes sociales y los blogs son un buen ejemplo de ello). La «industria» controla nuestros hábitos de consumo con productos de caducidad programada, la moda, y la fascinación tecnológica. ¿Es posible un mundo paralelo? Probablemente no, pero resulta interesante, al menos, saber que es posible y que, podría ser sostenible. Es necesario reducir, reutilizar, reciclar: la regla de las *tRes R's*; y, aún así, se dispondría de tecnologías adecuadas para la transmisión del patrimonio digital a la posteridad.

CAPÍTULO I

ARTE DIGITAL

Tú me acostumbraste a todas esas cosas,
y tú me enseñaste que son maravillosas
Frank Domínguez

La conservación del arte contemporáneo, en general, y del digital, en particular, es una especie de ciencia forense[27]. La instauración del *concepto* en el arte impone el uso de estrategias de conservación específicas en lugar de generalistas. La Restauración de cada obra, normalmente con un fuerte carácter temporal, inestable y efímero, requiere de un análisis y enfoque particular tan plural como la propia diversidad del arte contemporáneo.

Definir lo inestable. Un problema de categorización

En el arte digital existe una cuantiosa variedad de prácticas cuya denominación está asociada al uso de la tecnología como *medio*, que no como *herramienta*. En inglés simplemente aparece, a continuación, la palabra *art*: *digital imaging*, *cinema*, *video*, *digital animation*, *interactive*, *digital installations*, *digital sculpture*, *virtual reality*, *augmented reality*, *robotic*, *net*, *software*, *computer*, *game*, *locative*, *artificial intelligence*, *artificial life* (*A-life*), *telepresence*, *digital music & sound*, *cell phone*, etc. El español ha ido adoptando el neologismo correspondiente; sin embargo, tanto en un idioma como en otro, los significados no son precisamente unívocos. Estas prácticas comparten rasgos y medios, se transforman, desaparecen, se absorben unas a otras, generan nuevas o se subdividen en diversos subgéneros lo que produce una amalgama de interconexiones permeable y compleja que dificulta, aún más si cabe, «cartografiar» el arte digital.

---

[27] En cuanto a la aplicación de prácticas científicas dentro del proceso de conservación; a diferencia del legal.

Higgins[28] propone el concepto de «Intermedia» para definir un territorio natural de fronteras borrosas, ambiguas e imprecisas a las nuevas formas generadas en la intersección de las diferentes artes por la determinación de sus medios expresivos: la transposición de límites mediáticos. La naturaleza transdisciplinar del arte digital corresponde al espíritu transmedial de la carta de Higgins en cuanto la tecnología actúa, ya no como herramienta, sino como medio. Los círculos concéntricos del arte digital, en la metáfora de Higgins, engloban al círculo Intermedia.

Barreca[29] sugiere una aproximación en base a la combinación de los tres principales ingredientes de la revolución electrónica del último siglo (por ejemplo: *World Wide Web* e Internet): Computación, Comunicación (*Comunicazione*) y Contenido (*Contenuto*): Las posibles combinaciones que ejemplifica Barreca generan tecnologías que el arte digital utiliza como medio: Comunicación + Contenido = Telefonía móvil; Comunicación + Contenido =TV vía cable, TV interactiva; Contenido + Computación = CD-ROM, DVD.

Ambos acercamientos sugieren formas de vida protozoarias compuestas por elementos metabólicos y vitales en plena expansión-contracción, absorción-repulsión, definición-indeterminación, emergencia-desaparición. La dinámica de estas interacción reconfigura continuamente las fronteras, territorios y relaciones complicando cualquier iniciativa de categorización.

Los resultados de estas intersecciones y la transición de lo analógico a lo digital colocan una obra de arte digital bajo el paraguas de *arte de los nuevos medios* y en una búsqueda descendente en las distintas prácticas intermediales con el ordenador como mínimo común denominador. Un análisis funcional de estos elementos en términos de *información* produce las relaciones computación-procesado, comunicación-transmisión, contenido-almacenamiento.

---

[28] Higgins, Dick. Intermedia. *Leonardo*. 2001, Vol. 34, No. 1, pp. 49-54.

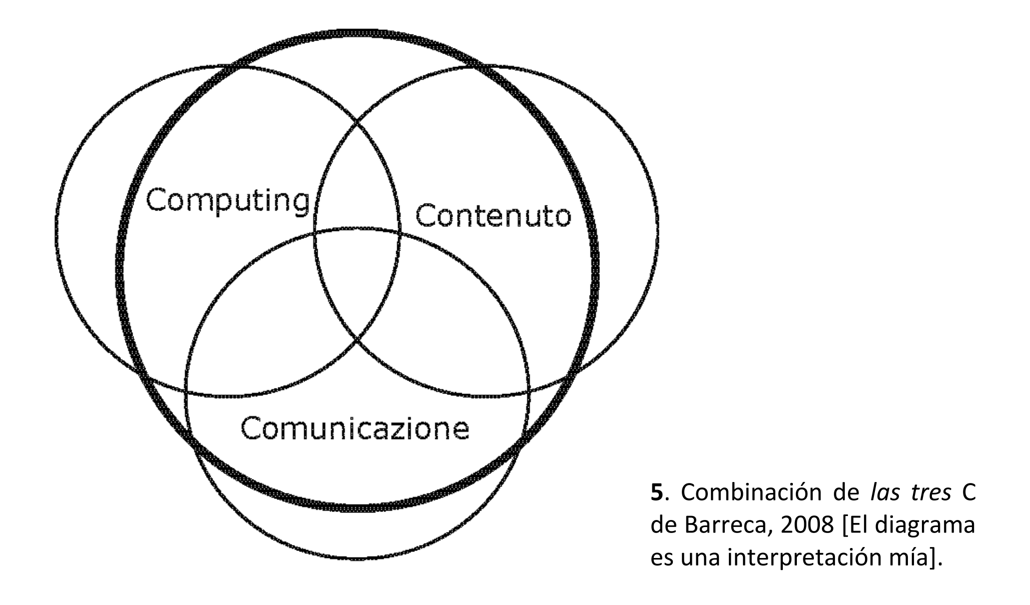
[29] Barreca, Laura. *Il dibattito internazionale intorno al la conservazione e alla documentazione della New Media Art.* 1995-2007. Tesis presentada en el Dipartimento di Studi per la Conoscenza e la Valorizzazione dei Beni Storici e Artistici, Università Degli Studi Della Tuscia Di Viterbo, 2008, p. 43.

Intermedia Chart
Dick Higgins

Intermedia
Concrete Poetry
Poesia Visiva
Mail Art
Visual Novels
Sound Poetries
Object Poems
Fluxus (objects, cinema and performance)
?
Object Music
Conceptual Art
Action Music
?
Graphic Music Notations
?
Happenings
Science Art
Performance Art
Dance Theater

Molvena Italy
19 January, 1995

4. Carta Intermedia de Dick Higgins, 1995.



5. Combinación de *las tres* C de Barreca, 2008 [El diagrama es una interpretación mía].

La generación, almacenamiento, movimiento y consumo de la información determina esta era: la «sociedad de la información». Desde este punto de vista el esquema de Higgins corresponde a prácticas que pertenecen al ámbito de los contenidos. Sin embargo, si se tiene en cuenta que la representación de esta información tiende hacia «lo digital», es inevitable asociar a los contenidos procesos tecnológicos de computación y comunicación aunque no aparezcan explícitamente en la propuesta de Barreca. Obsérvese que todos los ejemplos que cita Barreca utilizan tecnología digital.

”Los artistas se resisten a la categorización” expresa Wilson[30]. Para él:

> Las obras normalmente son multicapas que abordan muchos temas simultáneamente. Muchos artistas intentan deliberadamente confundir acerca de las categorías preexistentes. Puede que el elemento más importante sea la tecnología utilizada.

Aún así el *medio* ha funcionado como un elemento categorizador natural que aparece sistemáticamente en todas las denominaciones: *videoart*, *sound art*, *interactive art*, etc. e incluso al más alto nivel: *unstable media art*, *new media art*, etc. independientemente de su procedencia: publicación, catálogo, crítica, etc.

El lado izquierdo del siguiente esquema ilustra un diagrama de Venn[31] de una *posible* constelación, desde donde ubicar el arte digital[32]; mientras que el lado derecho muestra la leyenda correspondiente en forma de catálogo ordenado jerárquicamente. No existe una «lista» capaz de inventariar todas y cada una de estas prácticas y, de hecho, cada autor lo hace de manera

---

[30] Wilson, Stephen. *Informations Arts: Intersections of Art, Science, and Technology*. Boston: The MIT Press, 2002. Leonardo Books, p. 8.

[31] Los diagramas de Venn son representaciones de *teoría de conjuntos* que muestran gráficamente la relación matemática o lógica entre diferentes grupos de cosas (conjuntos). Aunque cada conjunto se representa mediante un óvalo o círculo nos hemos permitido la licencia de representarlos como rectángulos.

[32] Los volúmenes de los conjuntos no portan información ni las intersecciones son demasiado precisas.

diferente. Los elementos listados en la leyenda son simplemente los que con mayor frecuencia aparecen, los más reconocidos, en la literatura especializada; aunque muy probablemente sin una correspondencia exacta y unívoca. Algunas prácticas como *phoneart*, etc. no han sido incluidas por ser demasiado específicas y muy relacionadas tecnológicamente con otras como el *netart*.

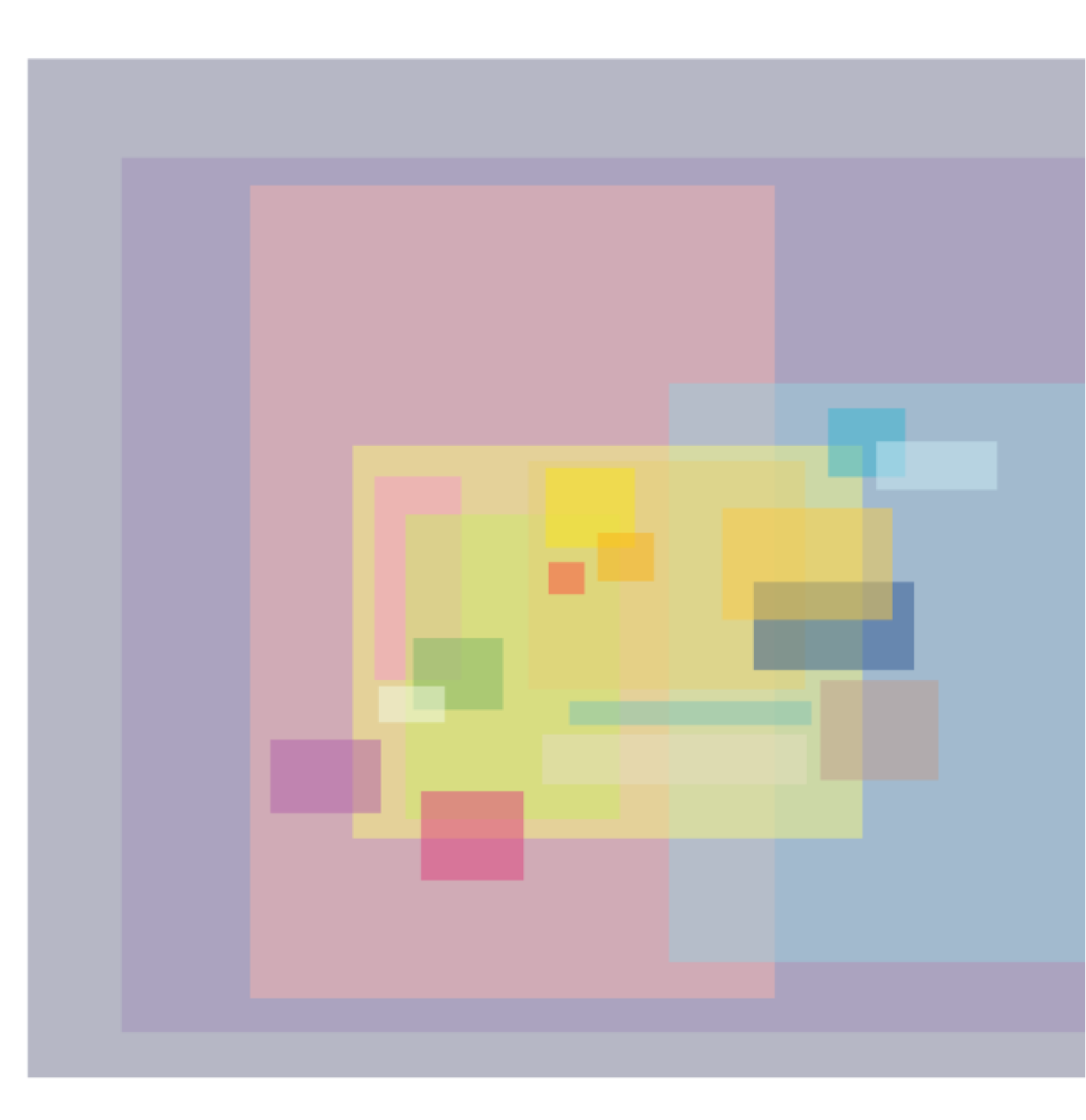
La categoría más general, *universo*, en esta representación de conjuntos, *unstable media*, agrupa a todas las manifestaciones artísticas de carácter efímero, o de naturaleza inestable, y constituye un subconjunto de un universo mayor: el *arte contemporáneo*, por ejemplo. Esta dependencia origina los mayores problemas de Restauración del arte digital. La naturaleza perecedera se debe fundamentalmente a la necesidad de energía para que la obra progrese en el tiempo, e indirectamente de la obsolescencia tecnológica, y es el reto más importante de la Restauración.

El arte de los nuevos medios, *new media art*, es un término utilizado frecuentemente, que no apropiadamente[33], para hacer referencia a prácticas artísticas contemporáneas en la intersección *arte y tecnología* y *arte de los medios*. La disciplina *arte y tecnología* absorbe aquellas actividades que aprovechan las nuevas tecnologías, no necesariamente aplicadas a la comunicación, mientras que el *arte de los medios* comprende aquellas expresiones artísticas basadas en tecnologías de los medios de comunicación[34].

---

[33] Paul, Cristiane (Ed). *New Media in the White Cube and Beyond: Curatorial Models for Digital Art*. Berkeley: University of California Press. 2007, p. 2. “No ayuda a describir las características o estética del medio digital y el término de *novedad* no describe qué es lo realmente nuevo; de hecho algunos de los conceptos explorados en el arte digital han sido tratados previamente en diversas artes tradicionales. Lo novedoso, desde el punto de vista del desarrollo acelerado de la tecnología digital, fuerza a una redefinición continua del área de los nuevos medios”. Sin embargo “El arte de los nuevos medios es caracterizado a menudo como orientado a procesos, basado en el tiempo, dinámico y en tiempo real; participativo, colaborativo, y performativo; modular, variable, generativo y personalizable” p. 4. Estas características generalmente no aparecen puras sino combinadas en una obra de arte híbrida, mixta, de múltiple comportamiento.

[34] Tribe, Mark y Reena, Jana. *Arte y Nuevas Tecnologías.* Taschen, 2006, p. 7.





6. Posible cartografía del arte digital. A primera vista se puede observar el solapamiento entre las diferentes prácticas y la confluencia en "lo digital".

Esta cartografía orienta, identifica, acerca, hacia una representación gráfica y ordenada de los múltiples términos utilizados en este ámbito y sus interrelaciones (superposiciones); tan inexactos, difusos y permeables, dinámicos y vivos, como su propia definición y uso.

El *arte digital* tiene múltiples acepciones. En este contexto se considera *arte digital* a aquellas prácticas artísticas que consumen y/o procesan y/o generan información[35] de naturaleza digital, representada por ceros y unos, lo que exige el uso, por excelencia, del *ordenador* o *computer*[36]. Desde este punto de vista el *videoarte* «tradicional», por ejemplo, no debería ser considerado *arte digital*; aún cuando la estrategia más razonable (sino la única) de su conservación es la digitalización sin pérdidas del medio, con la máxima calidad posible y no esté restringida exclusivamente al uso de cintas de vídeo analógicas. En la cartografía propuesta se considera una pequeña intersección entre ambos que contempla estos casos[37]. Muy diferente es la intersección entre *videoarte* y *arte interactivo* donde coexisten aquellas obras interactivas que utilizan, de alguna manera, *vídeo digital*[38] para generar nuevas realidades. La *inestabilidad* de este universo está condicionada por un insuficiente proceso de producción y la propia decadencia del entorno; más grave cuando la materia prima es tecnología en expansión. Todo está condenado a la extinción. "Todo desaparece"[39]. Solo la intervención incesante del hombre posibilita la prolongación de la

---

[35] Típicamente audiovisual aunque no necesariamente.

[36] O al menos a aquellas tecnologías con capacidad de procesado digital. Por ejemplo microcontroladores, microprocesadores, procesadores digitales de señal, etc.; (*cfr*., Anexo B Tecnologías).

[37] Manovich, Lev. *El lenguaje de los nuevos medios de comunicación. La imagen en la era digital*. Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica, 2005. Paidós Comunicación 163, p. 96. Según Manovich "los nuevos medios son medios analógicos convertidos a una representación digital" mediante un proceso que denomina: transcodificación.

[38] El *videoarte* es estático por naturaleza en la medida que documenta un proceso y/o resultado artístico mientras que el *videoarte interactivo* es dinámico, efímero y dependiente del tiempo.

[39] Ruhrberg, Karl *et al.*, *Arte del siglo XX*. Taschen, 2001, p. 577. "«Hay que se rápido si uno quiere ver algo. Todo desaparece.» Si Paul Cézanne viviera hoy en día vería confirmado todos sus temores de manera alarmante".

existencia de los objetos inanimados y aplaza su mortalidad. Cualquier medio, por robusto que sea, está sometido a un proceso de erosión en su interacción energética con el entorno; ya sea biológico, químico, físico, etc. o incluso cualquier posible combinación de estos. Todo material, por recio que parezca, tiene fecha de caducidad. Solo una acción continuada de aislamiento e intervención puede prolongar su «vida»[40].

La potencia del medio digital está relacionada con la forma en la cual éste apela a nuestros sentidos[41]. Sin embargo puede contener un catalizador que acelere su caducidad: la inestabilidad de su propia *producción*. Este continuo proceso de versionado tecnológico hace que la herramienta de moda hoy mañana pierda soporte. Cuando falla cualquier elemento del complejo esqueleto digital de una obra, sin soporte, muere inevitablemente.

Arte digital. El *arte digital* está íntimamente ligado a la *ciencia* y la *tecnología* y es precisamente esta relación la de mayor influencia en su categorización o cartografía. A menudo categorizaciones como *arte digital*, *arte electrónico*, *arte multimedia* y *arte interactivo* se utilizan indistintamente como sinónimos del *arte de los nuevos medios*[42]. El por qué de esta ambigüedad en la descripción y uso de los términos se refleja en la cartografía propuesta y se debe a las múltiples y complejas interrelaciones entre ellos. El *arte digital* es un subconjunto de los *nuevos medios*. Los *nuevos medios* consideran fundamentalmente otras prácticas artísticas como el *videoarte*, las *videoinstalaciones* “no necesariamente” relacionadas con el arte digital. También este último tiene marcadas semejanzas con el *videoarte*. Sin embargo la categorización del *arte digital* según las perspectivas establecidas podría ayudar lo suficiente para comprender sus

---

[40] *cfr*., Capítulo III – Conservación Evolutiva.

[41] Wands, Bruce. *Art of the Digital Age*. Thames & Hudson, 2006, p. 10. El autor llama la atención acerca de la participación del espectador en el arte interactivo. “La etiqueta de MIRA PERO NO TOQUES” dice Wands “del museo y galería tradicional, no es posible aplicar al arte interactivo”. La etiqueta más apropiada para esta práctica sería “MIRA PERO, POR FAVOR, TOCA”.

[42] Tribe y Reena, *op. cit.*, pp. 6-7.

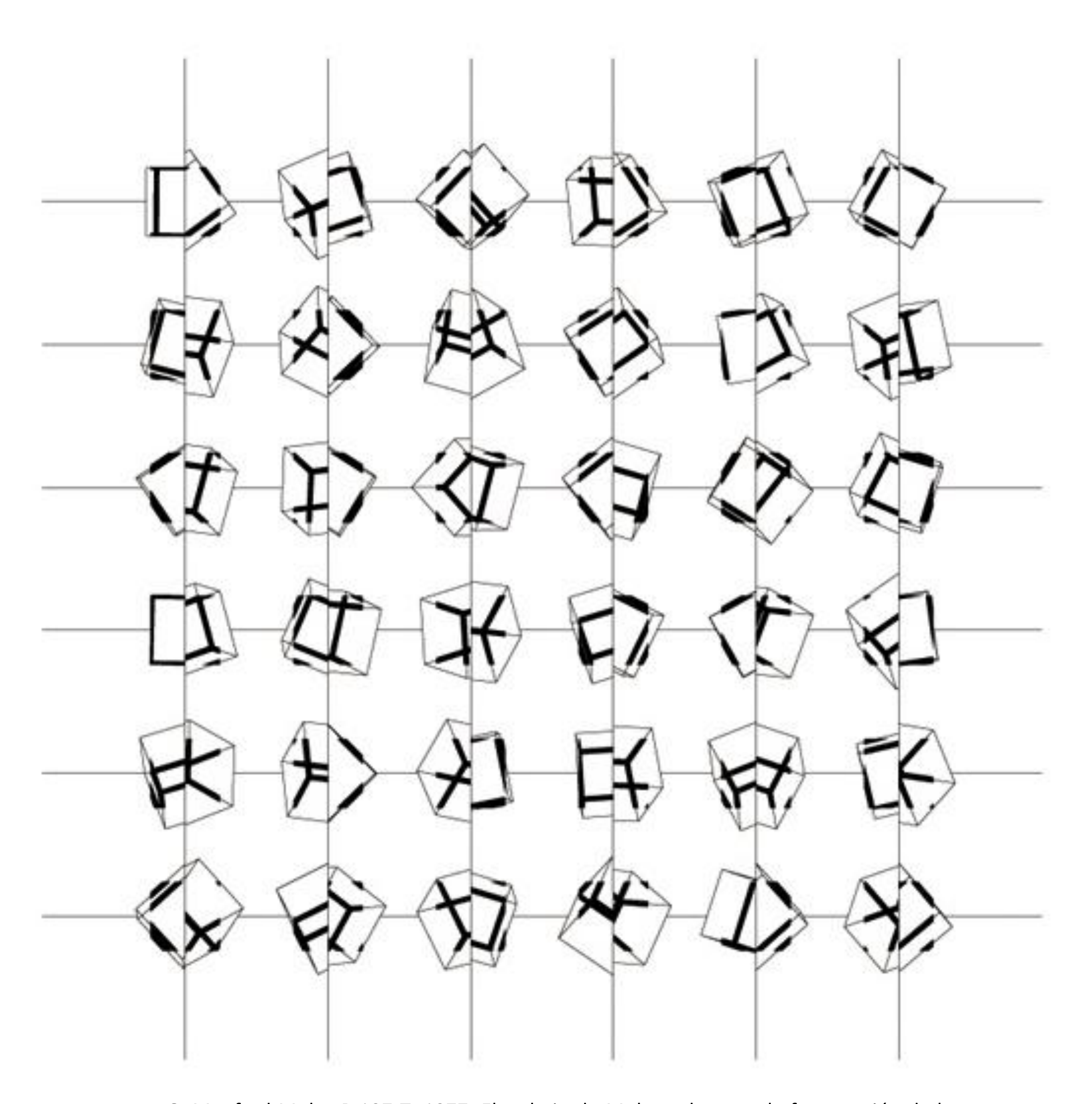
técnicas y propósitos[43] y normalmente se relaciona con el medio final que adopta la obra, independientemente de su proceso.

Arte por ordenador. El *arte de la programación* y el *arte por ordenador* normalmente son dos categorías utilizadas indistintamente para definir, imprecisamente, lo mismo. El *arte por ordenador* es cualquier práctica en la cual los ordenadores juegan el rol de producción o visualización de la obra (ya sea 2D ó 3D). Los gráficos por ordenador en 2D reflejan construcciones al estilo de un lápiz en un papel, solo que la imagen es inmaterial, está en la pantalla del ordenador y las herramientas para generarla son periféricos de ordenador (como el ratón o una tableta) o fragmentos de código (programados en algún lenguaje).

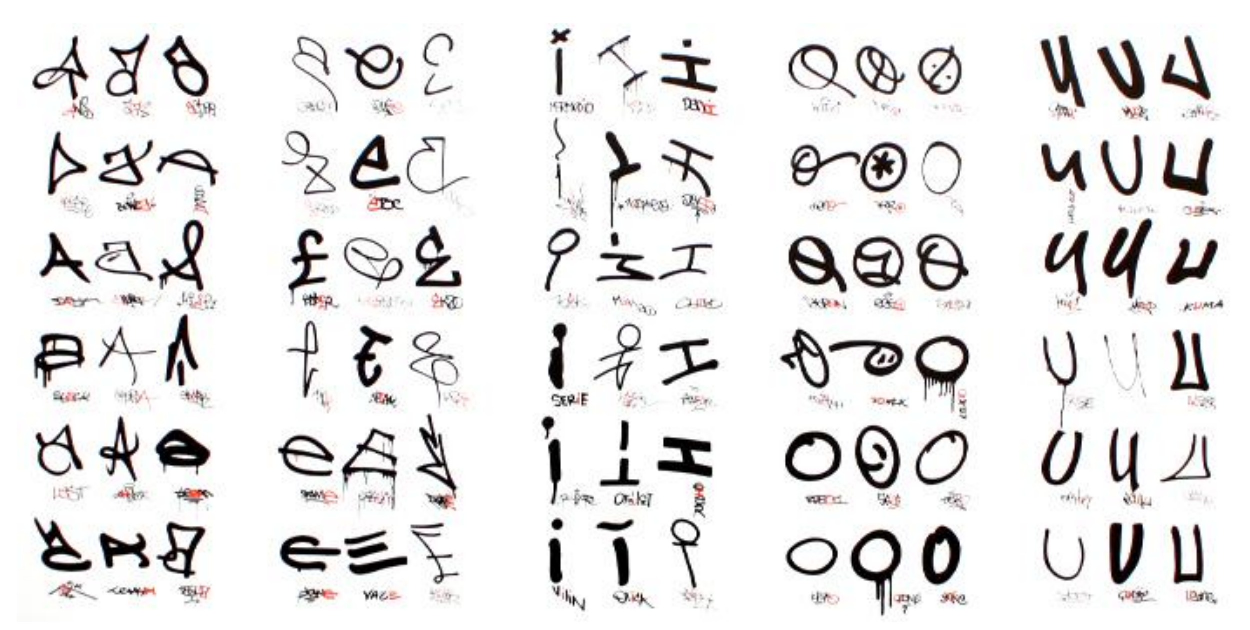


7. Thomas Porett. *Koi Time-Space*, 1999.

[43] Wands, *op. cit.*, p. 14. Existe cierto consenso en la consideración de que el arte digital toma, a menudo, forma de datos. Como apunta Wands, "la forma en que estos datos se transforman en algo concreto depende del artista. Según aumenta la potencia de proceso de los ordenadores y la sofisticación de los programas la variedad de formas de los datos incrementa; conocidas como *poliformas* o *metaformas*. Un objeto virtual creado con un programa de animación y modelado tri-dimensional puede acabar como una sola imagen, como una animación o como una escultura".



8. Manfred Mohr. P 197-T, 1977. El trabajo de Mohr se basa en la fracturación de la simetría de un cubo en coordenadas cartesianas con una marcada actitud hacia el ritmo y la repetición.



9. Todd Vanderlin. *Graffiti Taxonomy*, 2009. Estudio basado en el graffiti en el cual se aíslan los caracteres de una colección de etiquetas de graffiti fotografiados en la misma región geográfica.

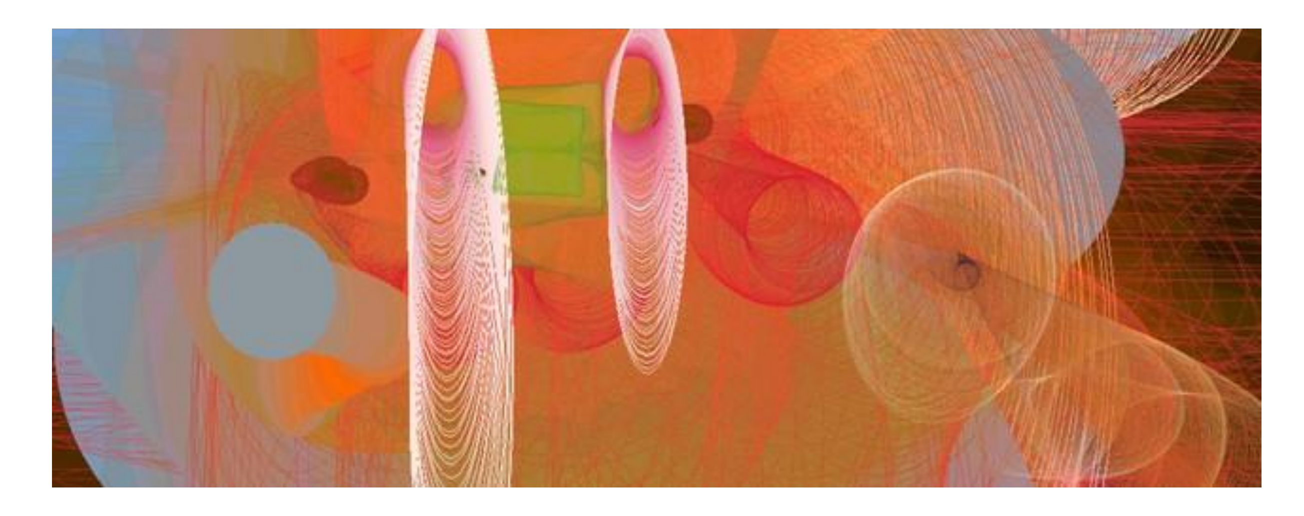
En los gráficos 3D la imagen (proyectada en el monitor de un ordenador) actúa como una ventana a un entorno virtual. Normalmente los gráficos en 2D son generados como *mapas de bits* (*raster*) al estilo de una fotografía mientras que los gráficos 3D para crear instalaciones de realidad virtual y escenarios de juegos se construyen en formato *vectorial* o constructivo.

Arte de la programación. El *arte de la programación*, sin embargo, está relacionado con la creación mediante algoritmos[44], se centra en el código en sí mismo y se utiliza para denominar obras no interactivas[45].

---

[44] Alsina, Pau. *Arte, Ciencia y Tecnología*. Barcelona: Editorial UOC, 2007. Colección: Tic.cero, 7, p. 66.

[45] *Ibíd*., pp. 67-68. "Hoy el *software art* se basa en la consideración de que el *software* no es tan solo un instrumento funcional, sino que también se puede considerar una creación artística en sí misma: el material estético resultante es el código generado y la forma expresiva es la *programación*".

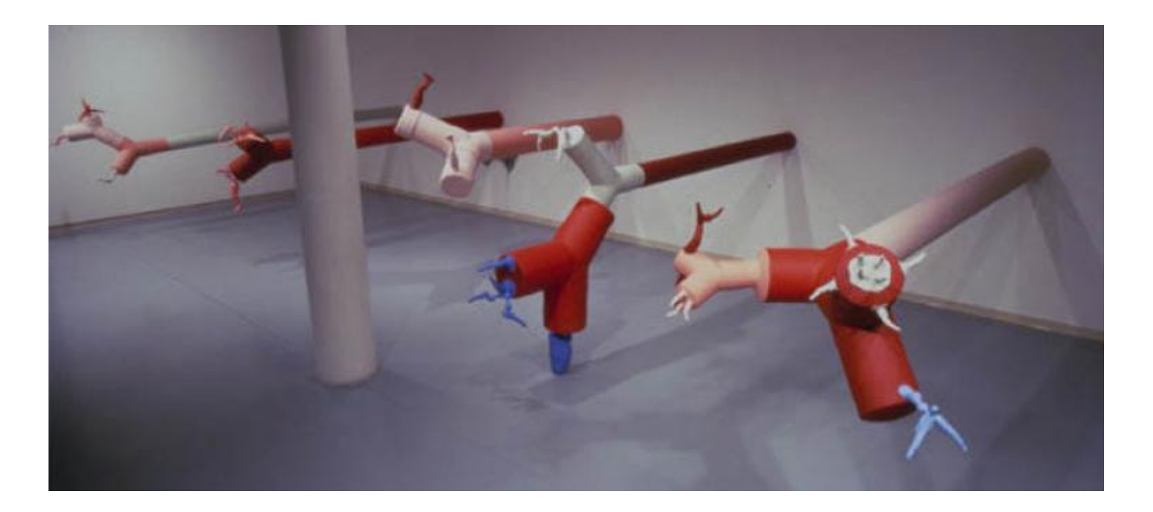


10. Mark Napier. *The Waiting Room*, 2002. *The Waiting Room* es un espacio virtual que comparten 50 usuarios a través de Internet. En este espacio el visitante se convierte en partícipe de una pintura en movimiento. Sus acciones activan y conforman la obra de arte.

Un algoritmo[46] es una lista bien definida, ordenada y finita de operaciones que permite hallar la solución a un problema. Dado un estado inicial y una entrada, a través de pasos sucesivos y bien definidos se llega a un estado final. La programación se basa en algoritmos, es de hecho la implementación o codificación de un algoritmo. Sin embargo, un algoritmo es simplemente la definición de un proceso «genérico», que puede o no, convertirse en un código, por medio de un lenguaje informático, comprensible por el ordenador o computador. Roman Verotsko dice "todo el arte usa algoritmos de forma implícita, lo que pasa es que nosotros lo hacemos explícitamente focalizando nuestro arte en el algoritmo" [47]. El *arte de base de datos* (*database art*) utiliza el dato como sustancia de la obra mientras que la visualización de datos (*data visualization art*) se concentra más en la exploración visual de los datos.

[46] Del latín, *dixit algorithmus* y éste a su vez del matemático persa conocido como Al-Juarismi.

[47] Alsina, *op. cit.*, p. 66.



11. Michael Rees. *Artificial Sculpture*, 2000. Los trabajos esculturales de Rees se basan en imágenes virtuales de su *Sculpture User Interface*. Rees crea sus formas con una herramienta de diseño asistido por ordenador (CAD, computer-aided design) y las *imprime* en tres dimensiones utilizando plástico líquido, solidificado en capas finas mediante láser a través de un servicio de prototipado rápido. Las obras de Rees se generan desde instrucciones de código a un objeto 3D sin la intervención de una mano humana.

Arte de la imagen digital. El *arte de la imagen digital* (*digital imaging*), fotografía e impresión, incluye trabajos que han sido creados o manipulados digitalmente para luego imprimirlos de forma tradicional[48]. La imagen también puede ser combinada con medios tradicionales, como dibujo y pintura, o incorporada en instalaciones, esculturas o proyecciones de vídeo[49].

Arte de la escultura digital. El *arte de la escultura digital* (*digital sculpture*) agrupa a aquellos proyectos de creación de objetos tri-dimensionales que utilizan tecnología digital. La *escultura virtual* surgió como una evolución de la *escultura digital*[50]. En el mundo virtual las reglas

---

[48] Paul, Christiane. *Digital Art*. Thames & Hudson (world of art), 2008, p. 28.

[49] Wands, *op. cit.*, p. 15.

[50] *Ibíd.*, p. 16. “El trabajo escultural no asume nunca la forma de un objeto físico real; reside en un archivo en el ciberespacio o dentro del mundo virtual del ordenador”.

de la escultura no tienen límites: no existe gravedad, la naturaleza, localización y tamaño de los materiales es infinita. En ella el artista no solo tiene libertad absoluta en la creación de su pieza sino que también puede examinarla desde cualquier punto de vista y puede crear un mundo virtual, interactivo, donde colocarla.

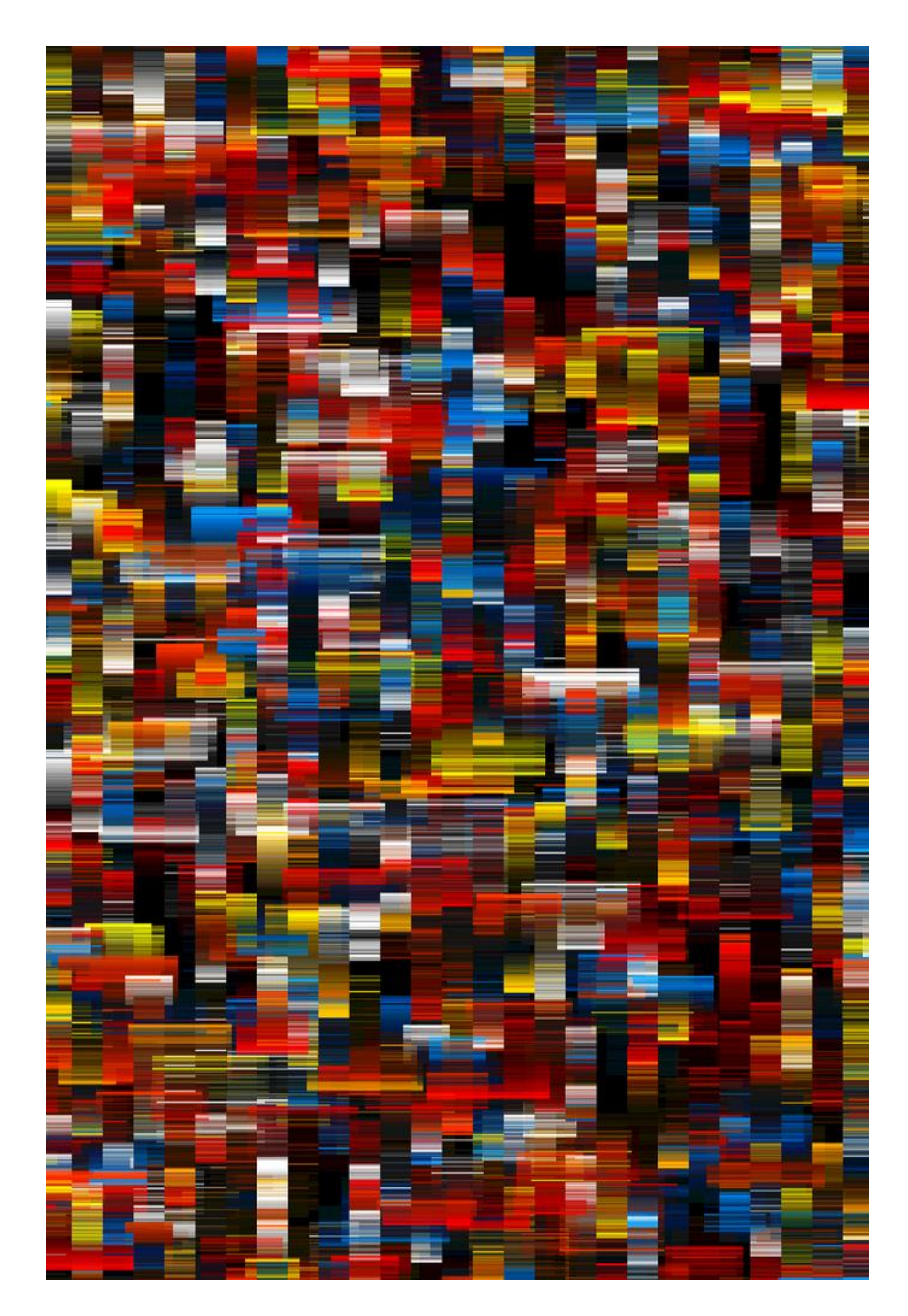
Arte sonoro. El *arte sonoro*, la *música por ordenador* (computer music) y de la *música digital*, comúnmente, se relacionan con la *acción plástica* o *arte en directo*, el sonido, la escucha y la audición. El arte sonoro, en la práctica absorbe todo lo indefinible dentro del concepto *música* y tiene que ver, en general, con prácticas artísticas que utilizan el sonido como medio principal de expresión. La mayor parte de estas obras son de carácter intermedial y otorgan una dimensión temporal a la experiencia plástica. Como muchos de los géneros de arte contemporáneo, el arte sonoro es interdisciplinar por naturaleza o adopta formas híbridas y está relacionado con la acústica, la psicoacústica, la electrónica, el ruido, el audio como medio y tecnología (incluso analógica), el sonido medioambiental, la exploración del cuerpo humano, la escultura, película o vídeo y todo un conjunto de aspectos en expansión que son parte del discurso actual del arte contemporáneo[51].

Arte de animación y vídeo digital. El *arte de animación* y *vídeo digital* es la contraparte digital de la animación tradicional, la cinematografía y el vídeo. La animación por ordenador 3D es exclusiva al dominio digital. La producción de audio, vídeo, e incluso cine digital de alta definición, gracias al desarrollo espectacular de las técnicas, instrumentos y dispositivos de audio y vídeo digital, han masificado su uso poniendo en entredicho, incluso, la propia esencia del mercado audiovisual[52].

---

[51] Kahn, Douglas. *Noise, Water, Meat: A History of Sound in the Arts*. Cambridge: MIT Press, 2001.

[52] La crisis del mercado audiovisual requiere de una redefinición de los mecanismos de distribución, protección de la propiedad intelectual, etc. y ha abierto un debate con amplia repercusión mediática y social.



12. Marius Watz. *RishaugWaltz 0230 Blocker A4*, 2004. Imagen en alta resolución que transforma informaciones sonoras en imágenes.



13. Charles Csuri. *Cosmic Matter*, 1990. Csuri fragmenta los modelos digitales de esculturas clásicas extrayendo elementos poligonales que flotan en un ordenado sistema solar. Los fragmentos gravitan en un espacio 3D de color que Csuri crea con su herramienta *colormix*.

Arte interactivo. El *arte interactivo* agrupa a todas aquellas prácticas que requieren de la interacción o participación del espectador normalmente *sin* control del artista[53]. La posibilidad que ofrece la interactividad de involucrarse al espectador-participante ha sido utilizada, de hecho con frecuencia, en obras de carácter marcadamente social.

[53] Rush, *op. cit.*, p. 198; Paul, *Digital Art*, *op. cit.*, pp. 71-96.



14. Gerhard Mantz. **Arriba**. *Narzistische Selbsttäuschung*, 2006. **Abajo**. *Das Kompliment*, 2008.

El biólogo y teórico mediático Arjen Mulder describe la interacción “como un proceso complejo de auto-organización en lo que se refiere a la

regulación de los cambios fundamentales y la configuración del comportamiento explorativo en un sistema o red" [54].

Instalaciones digitales. Las *instalaciones digitales* constituyen entornos interactivos realizados con tecnología digital como procesadores, microcontroladores u ordenadores, sensores, actuadores, dispositivos de comunicación, etc. que pueden llegar a ser tan complejos como cualquier sistema robótico, de control industrial, etc. En la interactividad la obra es un proceso continuo que evoluciona según su relación con el entorno. La activación de determinados comportamientos depende de acciones desde el espectador, datos adquiridos de procesos reales, información generada algorítmicamente, etc. Esta es una de las áreas más complejas y fascinantes del arte digital con mayor expansión en el arte contemporáneo y la que mayores retos, en cuanto a Restauración, plantea.

Realidad virtual. La *realidad virtual* permite la creación de experiencias de inmersión que trasladan la experiencia perceptual desde lo visual a lo táctil. Esta *inmersión* hace que el espectador se sienta como si estuviera en un espacio y en un tiempo recién creado[55]. La «realidad» con la que puede relacionarse el observador, o su «avatar», una suerte de «alter ego» virtual, (como ocurre en el mundo imaginario situado en Internet *Second Life*), se construye con tecnología informática (normalmente animaciones 3D). En general se considera un interfaz informático que genera entornos artificiales en tiempo real o representaciones de una realidad perceptiva, sin soporte objetivo[56].

A-Life. El *arte de la vida e inteligencia artificial* (*a-life*) nace de las viejas aspiraciones de reproducir las propiedades de la vida en la intersección de la

---

[54] Lieser, Wolf. *Arte Digital*. Tandem Verlag: H. F. Ullmann, 2009.

[55] Rush, *op. cit.*, p. 212.

[56] Wiki: Realidad Virtual, en: http://es.wikipedia.org/wiki/Realidad_virtual, [Consulta: 4-5-2009]. "La virtualidad establece una nueva forma de relación entre el uso de las coordenadas de espacio y de tiempo, supera las barreras espaciotemporales y configura un entorno en el que la información y la comunicación se nos muestran accesibles desde perspectivas hasta ahora desconocidas al menos en cuanto a su volumen y posibilidades".

ingeniería robótica, la informática y la biología[57]. El término fue utilizado por primera vez en 1987 en la primera "Conferencia Internacional sobre la Síntesis y Simulación de los Sistemas Vivos", en el Laboratorio Nacional de Los Álamos, Nuevo México. Algunos de los temas recurrentes son la evolución artificial, simulación de ecosistemas, autómatas celulares, comportamiento en robótica, etc.



15. Julius Popp. *bit.flow MK2*, 2007.

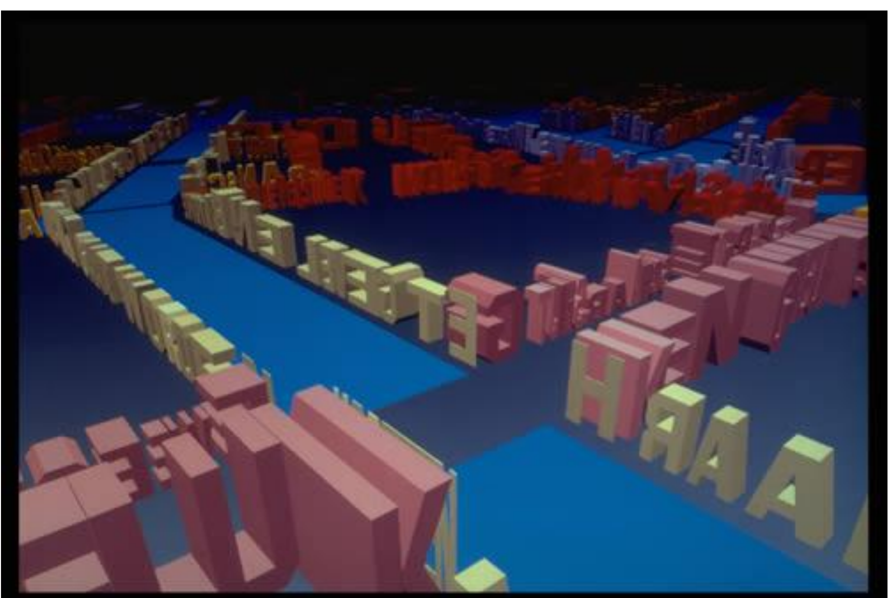
---

[57] Alsina, *op. cit.*, p. 75. Christopher G. Langton, biólogo americano fundador del área de conocimiento de la vida artificial, define la *vida artificial* como "el estudio de los sistemas de creación humana que exhiben conductas características de los sistemas vivientes naturales".



16. Erwin Redl. *Matrix IV*, 2001. Redl investiga el proceso de *ingeniería inversa* para trasladar, mediante instalaciones de luz a gran escala, el lenguaje estético abstracto de la realidad virtual y el modelado tridimensional por ordenador al entorno arquitectónico.





17. Jeffrey Shaw. *The Legible City,* Manhattan version (1989), Amsterdam version (1990), Karlsruhe version (1991). El visitante es capaz de montar en una bicicleta estática a través de una representación simulada de una ciudad construida por letras tridimensionales generadas por ordenador que forman palabras y frases a lo largo de los lados de las calles.



18. John F. Simon Jr. *ComplexCity*, 2000. Macintosh Powerbook G3 y acrílico. 19 x 16 x 3 ½ pulgadas.

Arte en la red. El *arte en la red* (*net art*[58]) define la actividad artística basada en Internet[59]. El uso de Internet como medio de expresión[60] condiciona las tecnologías y servicios particulares que utiliza; entre las que se encuentran: navegación, correo, transferencia de archivos, etc. y, a su vez, la especificidad de su Restauración e interacción[61]. Las prácticas artísticas basadas en Internet tienen la peculiaridad de poder manifestarse en cualquier lugar y en cualquier momento sin ningún control de la imagen y con cierta capacidad de interacción, no necesitan la «caja blanca» para su exposición y requieren (con gran dependencia), probablemente como ninguna otra, de un gran y complejo despliegue técnico especializado.

Arte de juego. El *arte de juego* (*game art*) es un tipo especial de *arte de la programación*, trabajos de código ejecutable escrito por el artista, en el cual el juego es considerado una pieza de arte[62]. "¿Qué les hace arte y no solo juegos? Para algunos, el hecho que son realizados como arte, para otros el hecho que se exhiben como arte" reflexiona Ploug. Una forma habitual de esta manifestación es la manipulación de juegos *clásicos*. Ya sea como la reinterpretación del juego en su propio soporte, a menudo productos tecnológicos obsoletos, o en una plataforma virtual u otro medio, como puede ser Internet.

---

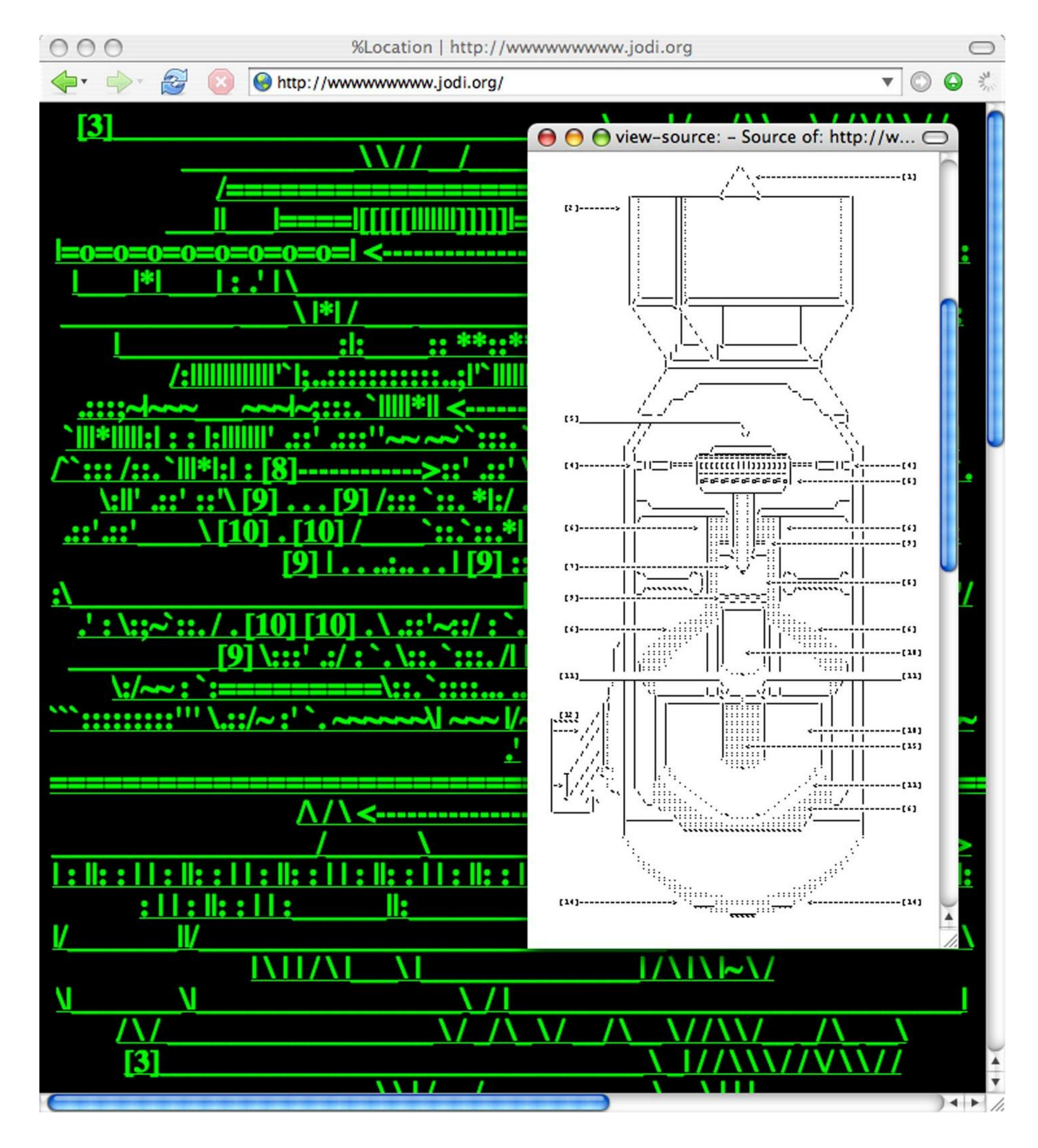
[58] Greene, Rachel. *Internet Art*. Thames & Hudson (World of Art), 2004.

[59] Tribe y Jana, *op. cit.*, p. 11. En 1995, Vuk Cosic, un artista esloveno, identificó la expresión *net.art* en un mensaje de correo electrónico ininteligible.

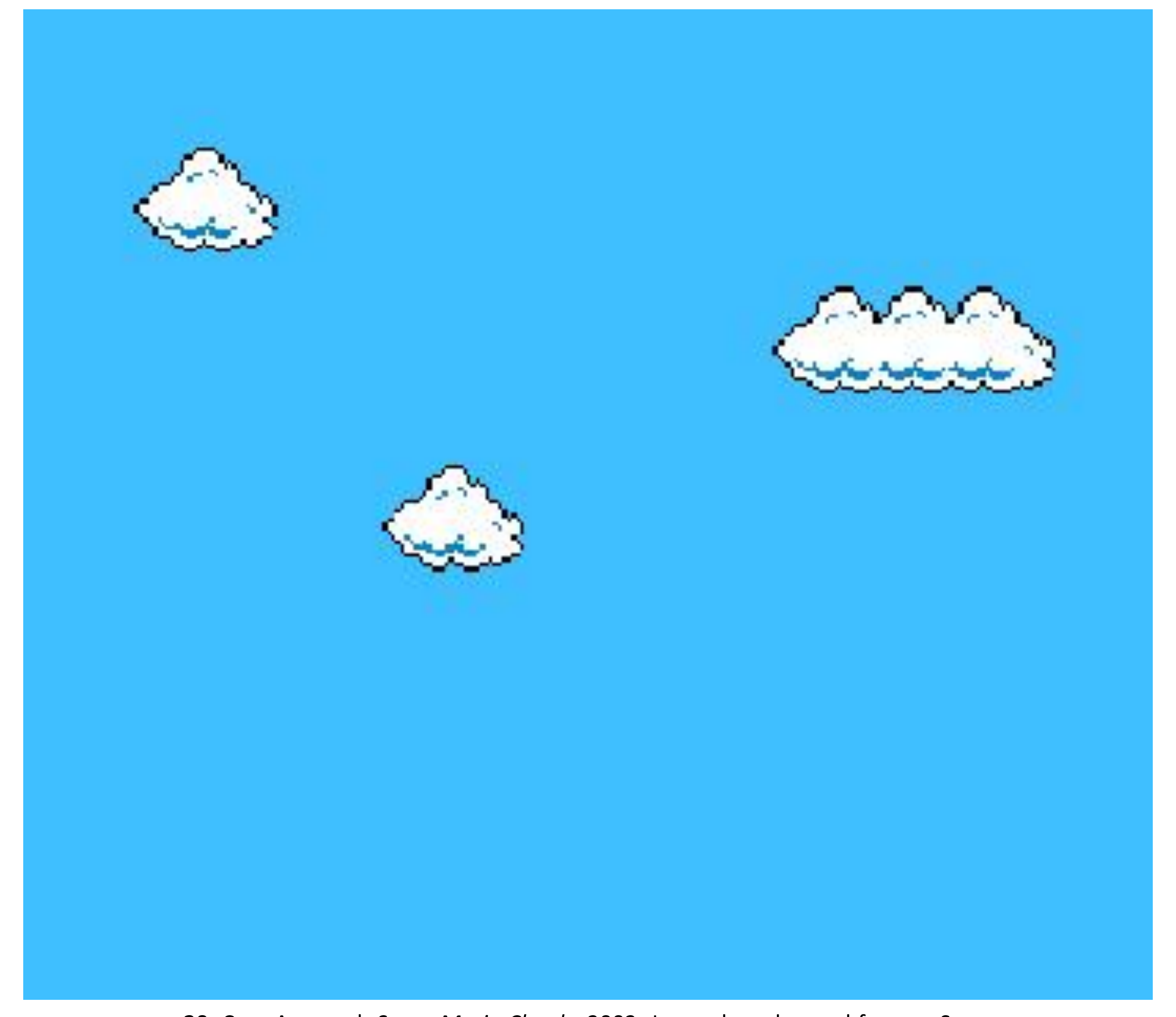
[60] *Ibíd*., p. 13. "La apropiación es algo tan habitual que casi se da por supuesta." Aunque es una propiedad que se asocia, en general, al arte de los nuevos medios, es prácticamente natural al arte basado en Internet. "Internet y las redes de intercambio de archivos, permiten a los artistas un fácil acceso a imágenes, sonidos, textos y otros recursos. Esta hiperabundancia de materiales, combinada con la ubicua función cortar/pegar de los programas informáticos, ha contribuido a despejar la idea de que crear algo de la nada es mejor que tomarlo prestado".

[61] La mayor parte de las veces mediante un navegador (programa de acceso a Internet), teclado y ratón (que facilita la interactividad, como mínimo, con un simple clic).

[62] Ploug, Kristine. *Art Games: An Introduction*, http://www.artificial.dk/articles/artgamesintro.htm, [Consulta: 4-5-2009].



19. wwwwwwwww.jodi.org, Jodi (Joan Heemskerk y Dirk Paesmans), 1995. Jodi invierte el orden del medio. En el código fuente Jodi revela el mensaje del trabajo en una simple ilustración, lanzando una bomba hacia el diseño limpio. Las páginas web se escriben Hypertext Markup Language (HTML, Lenguaje de Marcas de Hipertexto en español), el cual ignora caracteres "espacios en blanco" que estén de más, característica que Jodi aprovechó para hacer un genial argumento visual y conceptual y romper las reglas del diseño de páginas *web*.



20. Cory Arcangel. *Super Mario Clouds*, 2002. Juego, basado en el famoso Super Mario (desarrollado para la consola de Nintendo), modificado de forma tal que todo lo que queda del juego son las nubes blancas en el cielo azul. El personaje, los obstáculos y los demás elementos han sido suprimidos. Este trabajo es resultado de la modificación no solo del software, sino también del hardware – el artista ha abierto el cartucho del juego y cambiado el chip original de gráficos por otro, programado por él mismo.



21. Ken Golberg, Joseph Santarromana. *Telegarden*, 1995, en: http://queue.ieor.berkeley.edu/~goldberg/garden/telegarden, [Consulta: 4-10-2010]. La obra *Telegarden* de Ken Golberg y Joseph Santarromana es buen ejemplo de obra multicapa y multimedia difícil de catalogar. Según el propio Golberg[63] "*Telegarden* es una instalación artística que permite a los usuarios a través de la web ver e interactuar con un jardín remoto lleno con plantas vivas. Los miembros pueden plantar, regar y monitorizar el progreso de los arbolillos a través de los suaves movimientos de un brazo robótico industrial". Esta obra, desarrollada en la University of Southern California y disponible (online) desde Junio de 1995, cuyas palabras claves podrían ser instalación, telepresencia y participación, es considerada, sin embargo, *arte interactivo* por unos, *arte en la red*, por otros.

---

63 Golberg, Ken. *The Telegarden*, http://atynm.blogspot.com/2007/02/telegarden-el-telejardn-ken-goldberg.html, [Consulta: 15-12-2010].

La frontera de todas estas prácticas artísticas suele ser muy borrosa, independientemente de categorizaciones y usos. Un código informático puede generar datos (información) de múltiples dimensiones[64], en un sistema local o distribuido, con herramientas genéricas o especializadas, libres de uso o propietarias, estándares o especiales. Son las diferentes combinaciones las que posicionarán la obra en determinada categoría que, en caso de intersecciones, probablemente se etiquetará a la categoría más pequeña que incluya todos los subconjuntos pero no necesariamente.

Hay obras interactivas como *Telegarden*, de Ken Golberg y Joseph Santarromana consideradas *netart* en muchas publicaciones y libros porque es precisamente Internet la tecnología que provee la capacidad de interacción con la obra. *Super Mario Clouds*, de Cory Arcangel, es otro ejemplo. Se considera *game art* porque es una intervención a un vídeo juego; sin embargo, es un trabajo hardware-software complejo. La implementación de la mayoría de las obras no es pura. No se desarrolla en el centro de una disciplina en concreto sino que más bien en su periferia.

Un *vídeo*, e incluso un *canal de vídeo*[65], probablemente sería considerado *videoarte* o *video instalación*, si forma parte de un complejo escultural, o *arte interactivo* si requiere algún tipo de acción externa. Será una *animación*, si es generado por un ordenador y *virtual* si no corresponde a realidad alguna o *arte de la red* si esa interacción se basa en los mecanismos de Internet.

Independientemente de su categorización, cada obra objeto de Restauración debe ser considerado como un caso único. Cada categoría, aislada, se caracteriza por particularidades tecnológicas bien definidas. Sin embargo, al considerar un caso de estudio, la complejidad del todo no puede ser reducida a sus partes; es necesaria una visión holística que tenga

[64] Como mínimo el sonido es una señal unidimensional, la imagen bidimensional, el vídeo, el cine y la escultura tridimensional y la instalación interactiva tetradimensional.

[65] La diferencia es completamente funcional. El *vídeo* es un trabajo cerrado y almacenado en formato digital. Mientras que un *canal de vídeo* supone una fuente de vídeo en tiempo real que captura determinada realidad como es el caso de la vigilancia; que utiliza cámaras de seguridad.

en cuenta sus interrelaciones y la integración de las tecnologías. Este acercamiento supone una valoración cuidadosa de la desagregación, la interconectividad, la comunicación y las interfaces de conexión entre las partes.

Cartografiar el arte digital es una tarea pretensiosa y estéril sino fuera por su importancia en la exploración de las vías de Restauración de un bien, en la búsqueda de la idoneidad del enfoque o estrategia. Estos procesos requieren el conocimiento de la naturaleza del bien, la observación desde su esencia: el *dato*, en una rutina de arriba hacia abajo, desde lo general a lo particular; las prácticas deben ser metódicas, meticulosas y exhaustivas, bien documentadas y contrastadas y constituyen, de hecho, el arte de la Restauración del arte digital.

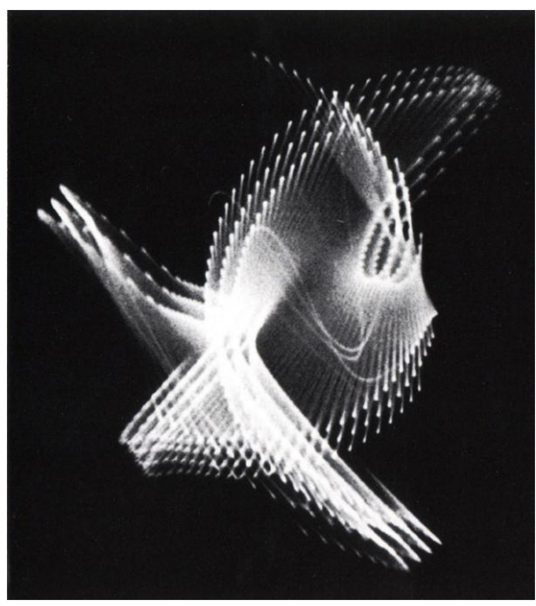
No se pretende «categorizar» los centros sino, más bien, «cartografiar» sus periferias: las intersecciones de las diversas prácticas artísticas que confluyen en el complejo arte, ciencia, tecnología, comunicación, sociedad, etc. y que utilizan la tecnología digital como *medio*, no como *herramienta*. La cartografía propuesta, pese a su débil exactitud, muestra dos aspectos muy interesantes para desarrollar la base conceptual de la Restauración del arte digital:

Intersecciones. Solapamiento de las artes con la tecnología: programación, computación, Internet, realidad virtual, inteligencia o vida artificial, robótica, electrónica, cibernética, redes y sistemas, etc.; tecnologías y áreas de conocimiento que han generado interesantes hibridaciones en el ámbito de las artes. No se categoriza el arte digital en base a las tecnologías; sin embargo, esta relación, al menos cronológicamente y estratégicamente (desde el punto de vista de la Restauración), es inevitable.

Confluencia. El arte digital es un sumidero donde convergen todas las tecnologías y medios. El campo de fuerza de la nueva «era digital» promete desdibujar toda la cartografía del arte contemporáneo y, consecuentemente, la Restauración; lo que exige una revisión de las teorías tradicionales. Esta confluencia impone, con cierta fuerza, una Restauración digital.

Datar lo inestable. Un problema histórico

El nacimiento del arte digital se suele asociar con la fecha de creación de los primeros grandes ordenadores: 1946[66], año en que se construye, en la Universidad de Pennsylvania, uno de los primeros ordenadores completamente digital: la Calculadora Electrónica Numérica e Integral (ENIAC, Electronic Numerical Integrator and Calculator) puesta en funcionamiento en la Escuela de Ingeniería Electrónica Moore de Filadelfia; 1950[67], en el que la Engineering Research Associates en Minneapolis construye el ERA 1101, el primer ordenador de producción comercial. Ira Greenberg[68] considera, sin embargo, 1951, el año en que se desarrolla el primer ordenador de propósito general: UNIVAC; "con un lenguaje de programación relativamente fácil de utilizar y la inclusión de algunos estándares de la programación".

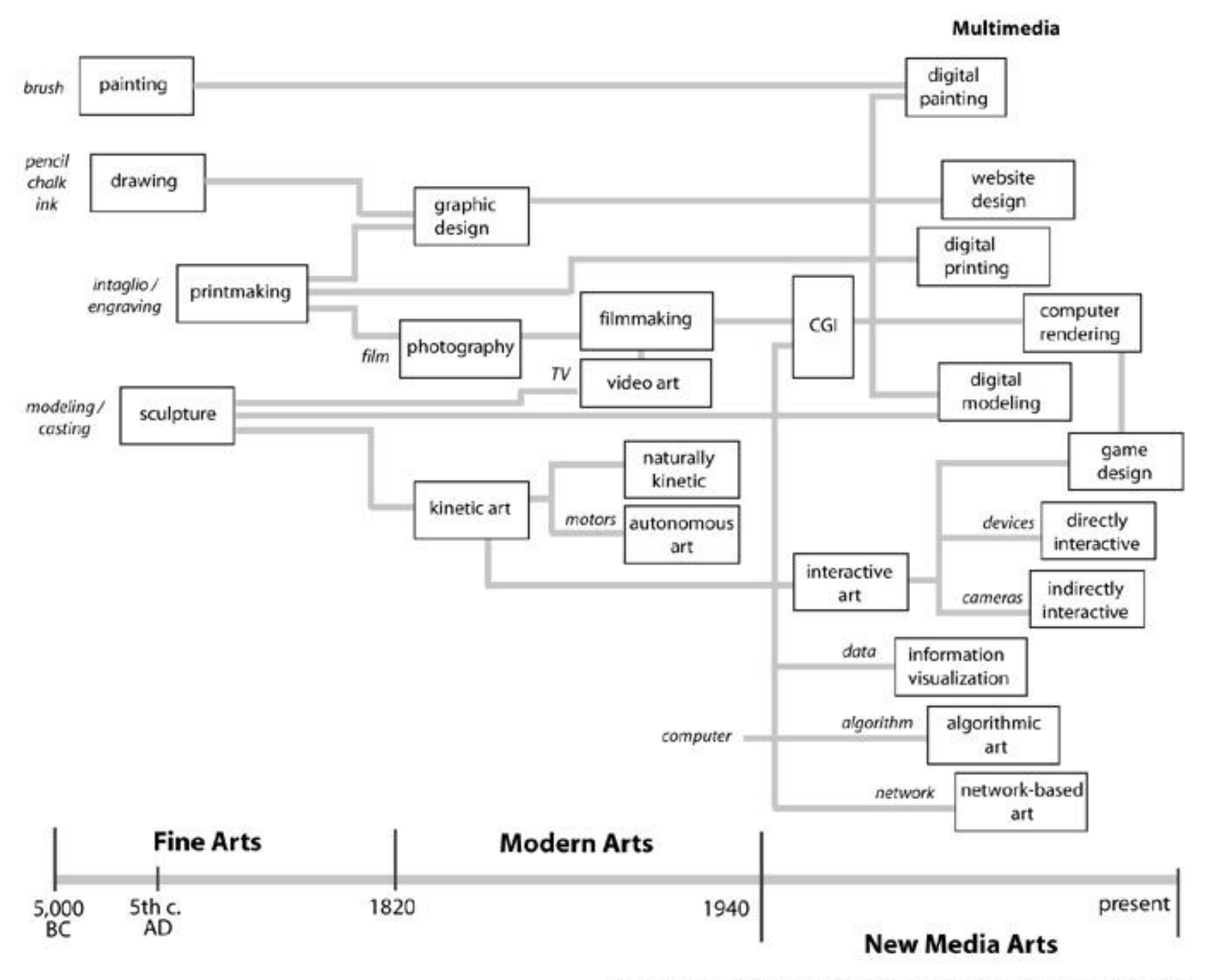


22. Ben F. Laposki. *Oscillons,* 1952-56. Creó las primeras imágenes abstractas electrónicas en 1950 utilizando un dispositivo electrónico analógico (el tubo de rayos catódicos de un osciloscopio).

[66] Wands, *op. cit.*, p. 210. No fue la primera computadora de propósito general. Ese honor se le debe al Z3 construido en el 1941.

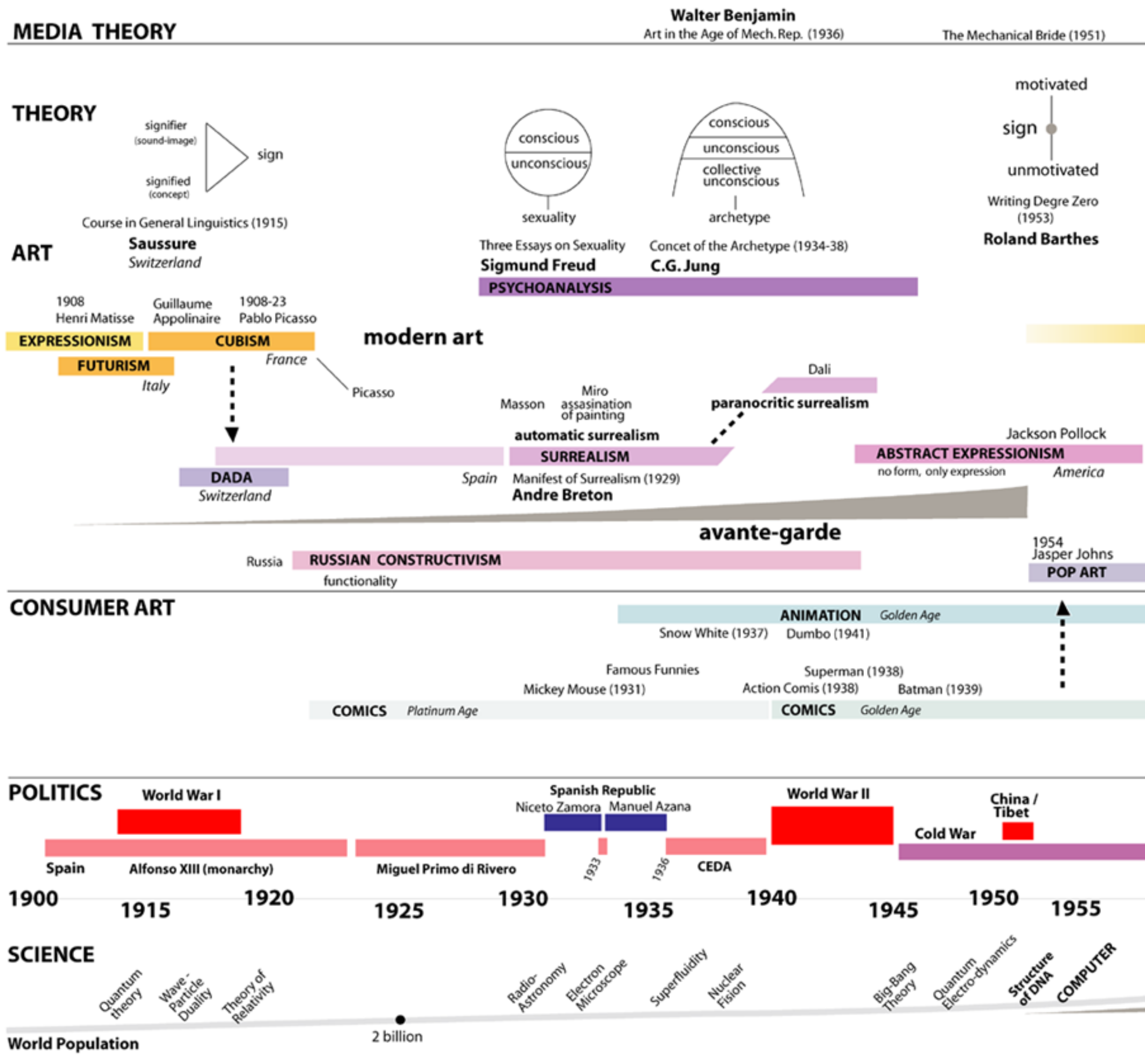
[67] Tribe y Jana, *op. cit.*, p. 6.

[68] Greenberg, Ira. *Processing: Creative Code and Computational Art*. Appress, 2007, p. 12.

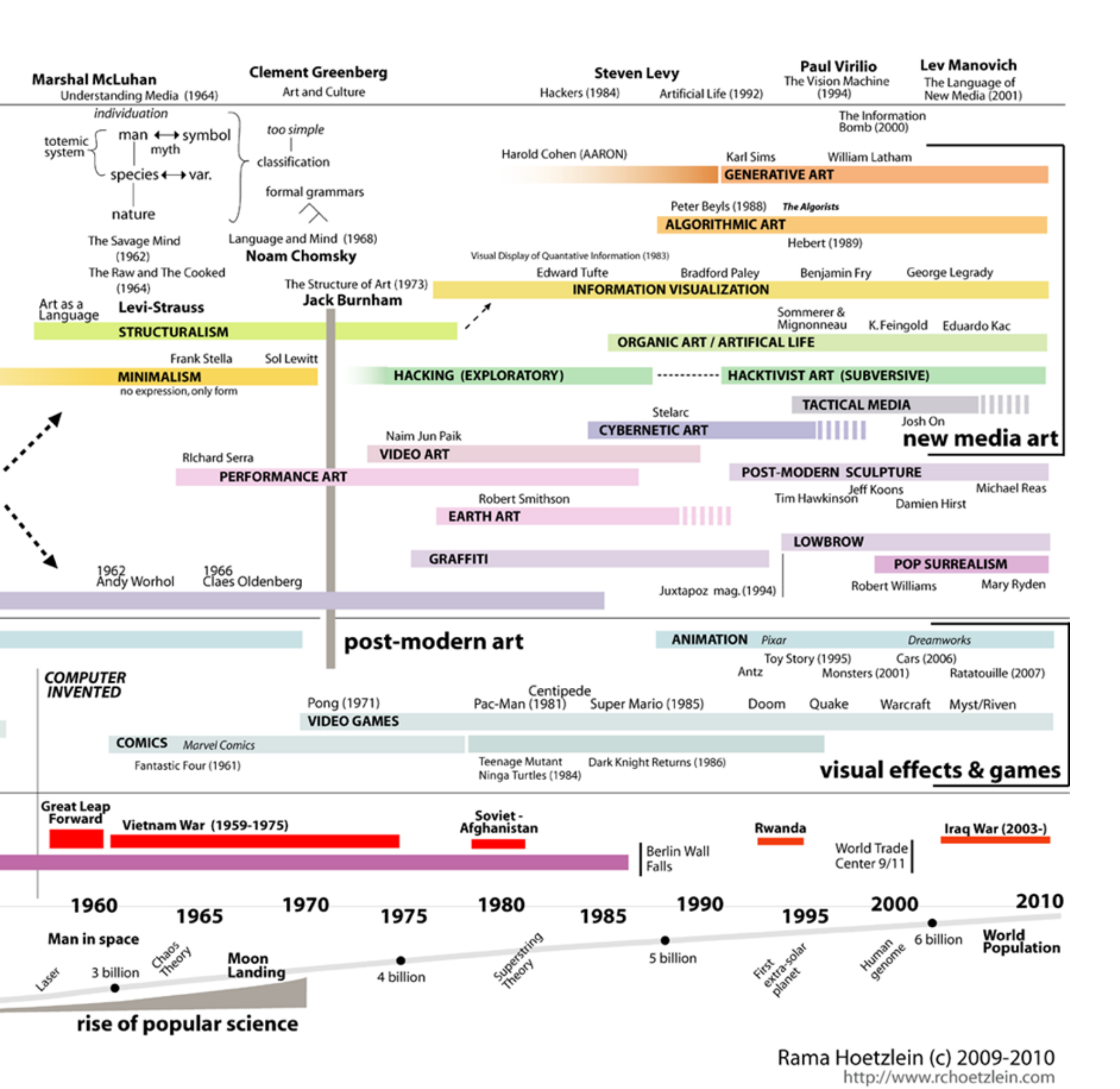


23. Rama Hoetzlein. *What is New Media?* Media Arts & Technology Program, University of California Santa Barbara, 2009; http://www.rchoetzlein.com/theory/?p=11, [Consulta: 9-10-2010].

El diagrama anterior permite ubicar el arte de los nuevos medios en todo el ámbito histórico del arte mientras el siguiente (ambos de Hoetzlein), que abarca solo el siglo XX, permite una inspección cronológica del arte, el arte de los nuevos medios, la ciencia, la tecnología, la guerra y la teoría de los medios.



Timeline of 20thc. Art and New Media



24. Rama Hoetzlein. *Timeline of 20th c. Art and New Media*, Media Arts & Technology Program, University of California Santa Barbara, 2009; http://www.rchoetzlein.com/theory/?p=42, [Consulta: 9-10-2010].

Ambos diagramas pueden ser de gran utilidad porque ubican el arte de los nuevos medios en una línea histórica lo suficientemente amplia como para observar cuáles han sido sus principales influencias. En un esquema de este tipo es muy difícil alcanzar una gran precisión y detalle, pero si ofrece una visión de conjunto en relación con el contexto histórico-artístico. En la cartografía realizada por mí se muestran otra serie de prácticas entrelazadas con una serie de hitos tecnológicos que, aunque no aparecen en la línea temporal del arte y los nuevos medios en el siglo XX, se pueden ubicar fácilmente. ¿Es posible un árbol del arte del siglo XX al estilo del realizado por Alfred H. Barr, Jr., historiador de arte y primer director del MoMA (Museum of Modern Art) de New York? Probablemente no[69]. Las influencias de las prácticas artísticas del arte digital están más relacionadas con la propia tecnología y con prácticas artísticas "modernas" (como el futurismo, el arte conceptual o el arte cinético, por ejemplo) que con otras prácticas del arte digital. Las obras absorben diferentes tecnologías y son más o menos complejas pero no existe una influencia clara y universal de unas prácticas sobre otras. Incluso diseñar este tipo de contexto es delicado debido a la propia confusión en la clasificación o categorización de este tipo de prácticas. Obsérvese que en ambos diagramas se hace referencia a los nuevos medios y no al arte digital para referenciar lo mismo.

A pesar de la inaccesibilidad de estos primeros ordenadores, ya en 1956 los artistas comienzan a experimentar con la computación como un medio expresivo[70]. Casi una década después, en 1964, Stan Vanderbeek y Ken Knowlton producen la primera película animada por ordenador, *Poem Field*. Al año siguiente Michael Noll[71] y Bela Julesz generan animaciones por ordenador estéreos en los Laboratorios Bell en New Jersey[72] y en 1966, dos años más tarde, John Whitney, con ayuda de IBM, crea *Permutations* y

---

[69] El "Mapa del arte moderno" de Barr se publicó originalmente en la sobrecubierta del catálogo realizado con motivo de la exposición *Cubismo y Arte Abstracto* realizada en el MOMA en 1936. Este mapa fue revisado por el propio Barr en innumerables ocasiones y él nunca llegó a considerarlo definitivo.

[70] Greenberg, *op. cit*., p 13.

[71] Rush, *op. cit.*, p. 170. Considerado uno de los primeros artistas digitales.

[72] *Ibíd.*, p. 172.

Charles A. Csuri produce *Hummingbird*[73]. Excepto esta última, todas las fechas están relacionadas o cercanas a la llamada tercera revolución industrial, tercera revolución científico-técnica o revolución de la inteligencia (RCT) originada al acabar la II Guerra Mundial en 1945.

Sin embargo, el objetivo de estos primeros ordenadores no fue, precisamente, artístico, sino militar, por lo que, probablemente tendría mayor sentido asociar el nacimiento del arte digital con la creación de las primeras obras o, a principios de los ochenta[74], si se tiene en cuenta la valoración de Frank Popper[75] que, en su minuciosa investigación, considera que “hay muy pocos ejemplos de arte por ordenador anteriores a los años ochenta dignos de mencionar”[76]. Los inicios del arte digital tuvieron una importante peculiaridad: sus precursores no eran artistas sino ingenieros o investigadores de instituciones tecnológicas vanguardistas[77]. No es casual entonces que sea justo en 1981, cuando IBM lanzó el primer ordenador personal[78], que se produzca la verdadera revolución del arte digital.

A partir de entonces, la historia del arte digital se puede narrar por hitos tecnológicos, obras y/o exposiciones representativas, creación de centros de desarrollo e investigación, incorporación a las colecciones de los museos, etc. En el libro *El Arte de la Era Digital*, Bruce Wands expone una exhaustiva línea temporal que empieza incluso en los precedentes pre-digital. En esta investigación solo se ha considerado una muy fragmentada y oportunista

---

[73] Comprado por el MoMA en 1968.

[74] De hecho en 1985 se crea el Media Laboratory en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT, Massachusetts Institute of Technology), institución referencia en la investigación, desarrollo y docencia del arte digital.

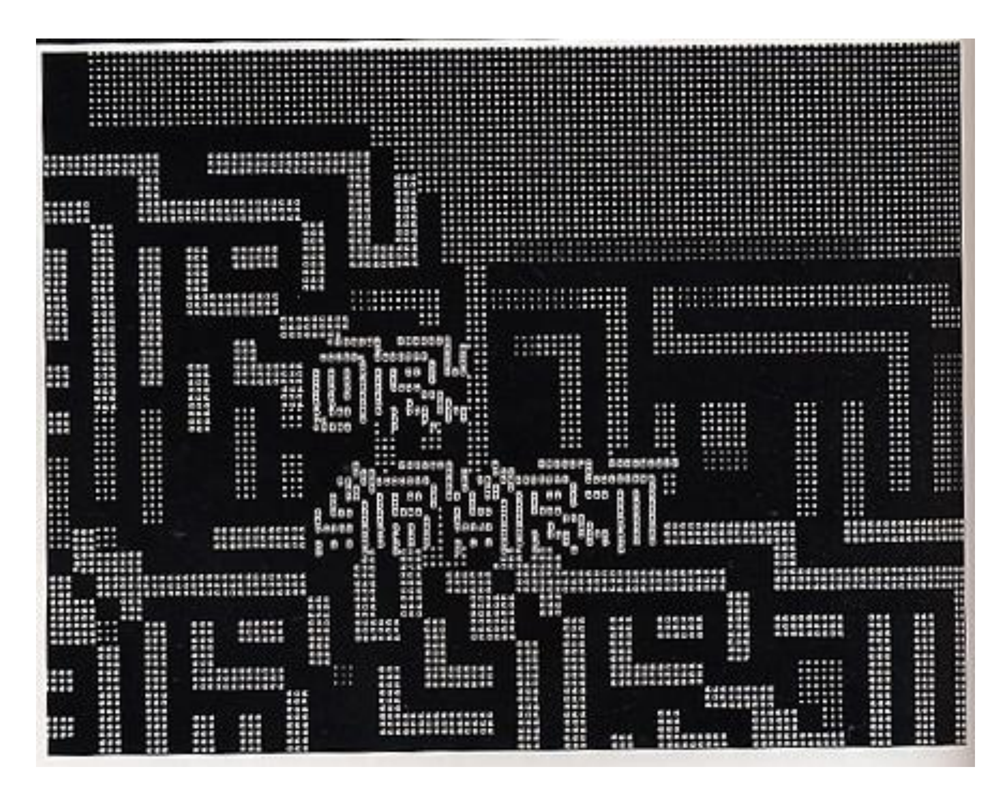
[75] Popper, Frank. *Art of Electronic Age*. Thames & Hudson, 1993.

[76] Rush, *op*. *cit*., p. 172.

[77] A la dificultad y exclusividad de los primeros ordenadores hay que añadir el sentimiento antitecnológico entre los artistas y la contracultura de los sesenta y setenta.

[78] Verdadero protagonista del arte digital. El Personal Computer (PC) de IBM significó la democratización de la cultura digital.

línea temporal que relaciona cronológicamente los acontecimientos tecnológicos más relevantes con las categorías del arte digital expuestas.



25. Stanley VanDerBeek and Kenneth C. Knowlton. *Poem Field*, 1967-69. Fotograma de la película.

La década de los 60s fue testigo del nacimiento del arte digital y sus primeros pasos. En 1963, el ANSI[79] crea el Código Estadounidense Estándar para el Intercambio de Información (ASCII, American Standard Code for Information Interchange). ASCII es un código de caracteres[80] basado en el

[79] Comité Estadounidense de Estándares (ASA, conocido desde 1969 como el Instituto Estadounidense de Estándares Nacionales, o ANSI).

[80] Refundición o evolución de los conjuntos de códigos utilizados entonces en telegrafía. En 1967 se incluyeron las minúsculas y se redefinieron algunos códigos de control para formar el código conocido como US-ASCII.

alfabeto latino tal como se usa en inglés moderno y en otras lenguas occidentales. Esto tuvo gran repercusión para el desarrollo de metatextos y la compatibilidad de la representación textual, cuando una década después, apareciera Internet. En 1967, Sony presenta la PortaPak: primera cámara de vídeo portátil. Nam June Paik, músico y electrónico coreano obtuvo en 1965 la primera cámara portátil de SONY antes de su comercialización. El 4 de noviembre grabó desde un taxi las calles de New York durante la visita del Papa Pablo VI con una finalidad estética; para captar una realidad subjetiva, al margen de las funciones de grabación de la televisión. Se considera que este acto marcó el inicio del *videoart*. Ya a finales de esta década prodigiosa, en 1968, Douglas Englebart, pionero de la interacción humana con los ordenadores, incluyendo el hipertexto y los ordenadores en red, inventa el ratón (mouse) a la vez que se le atribuye la primera videoconferencia de la historia. En 1969, Myron Kreuger, considerado miembro de la primera generación de investigadores de realidad virtual y realidad aumentada, desarrolla uno de los primeros prototipos de realidad virtual: un entorno controlado por ordenador denominado *glowflow*. El Departamento de Defensa de los Estados Unidos de América crea la primera red de conmutación de paquetes funcional del mundo: ARPANET (Advanced Research Projects Agency Network), predecesor de la Internet global[81].

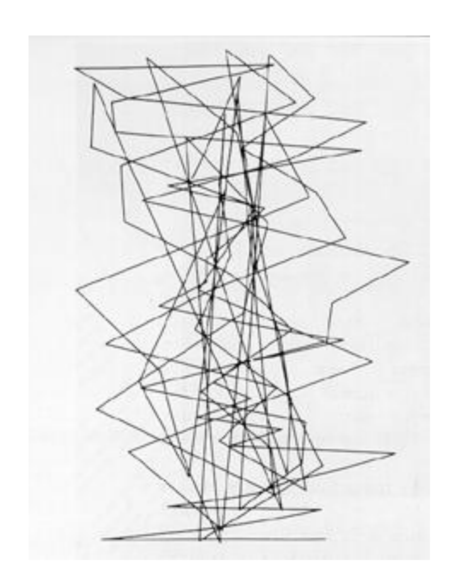
La década de los 70 consolida las tecnologías relacionadas con el ordenador. En 1970, General Electric crea *Genigraphics*, la primera estación de trabajo gráfica de color en alta definición, a partir de su simulador de vuelo para la NASA. Un año después IBM inventa el disquete y en 1972, la compañía Atari, fundadora de la industria del videojuego, creada en los Estados Unidos en 1972 por Nolan Bushnell y Ted Dabney, debuta con PONG[82]. En 1975, Steve Sasson inventa para Kodak la primera cámara digital. Al año siguiente, Steve Wozniak y Steve Jobs fundan Apple

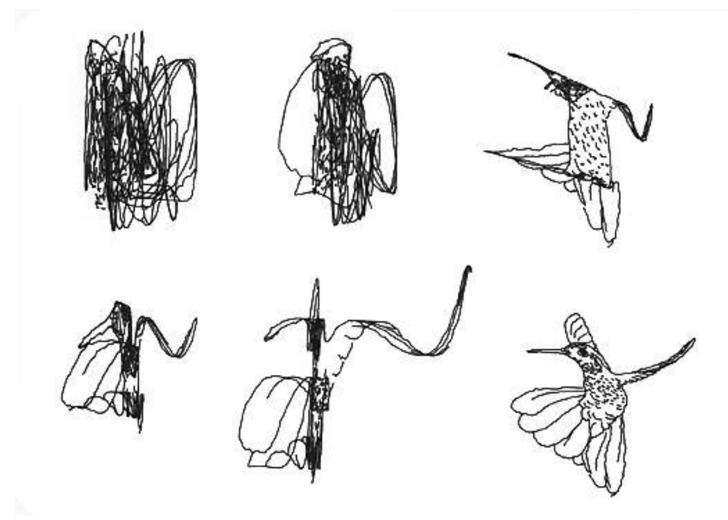
---

[81] El 29 de octubre de 1969 arrancó en la UCLA (Universidad de California, Los Ángeles) el primer nodo de esta red llamada ARPANET aunque el concepto de una red capaz de comunicar usuarios en diferentes ordenadores fue formulada por J.C.R. Licklider de Bolt, Beranek and Newman (BBN) en agosto de 1962, en una serie de notas que debatían la idea de una "Red Galáctica".

[82] La versión casera de PONG, que se conectaba a una televisión, fue una de las primeras consolas de videojuegos.

Computer Company[83]. Las tecnologías relacionadas con el sonido digital tuvieron que esperar hasta 1979 para su despliegue, cuando Peter Vogel y Kim Ryrie inventan el primer sintetizador digital de sonido polifónico: el Fairlight CMI (Computer Musical Instrument) basado en un microprocesador dual diseñado por Tony Furse.





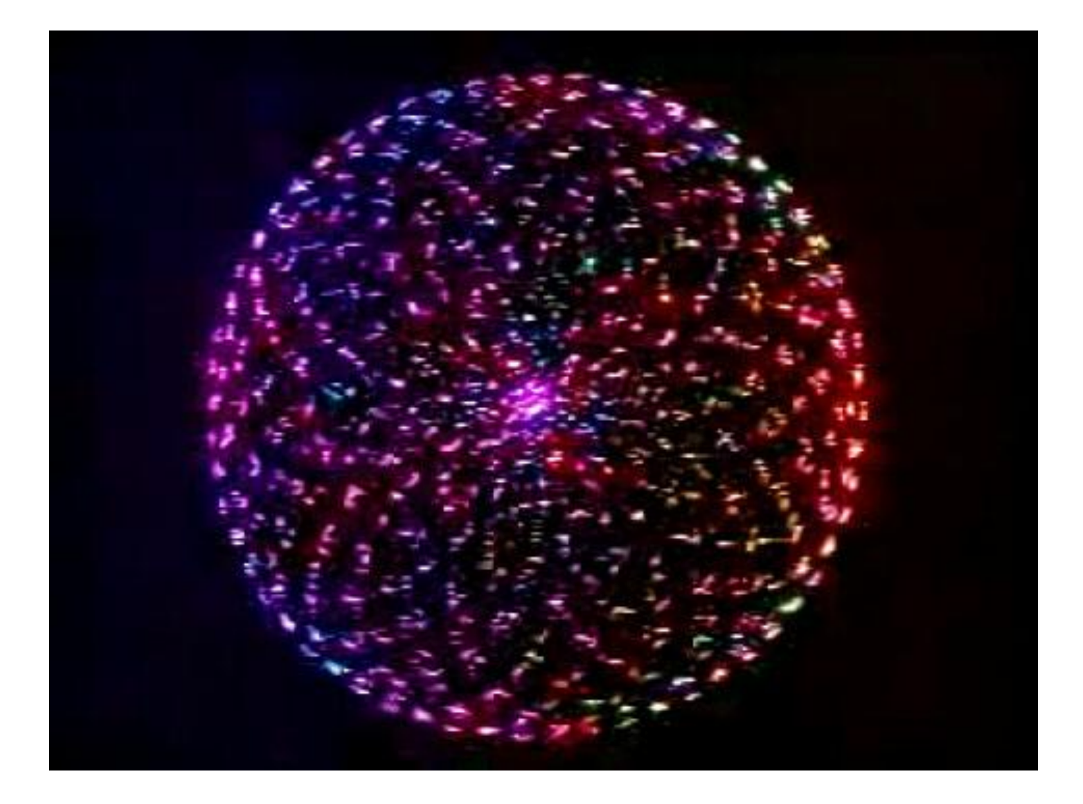
26. **Izquierda**. A. Michael Noll. *Guassian Quadratic*, 1965. Fotografía 11 x 8 1/2. La serie Guassian Quadratics fue uno de los primeros ejemplos de imágenes generadas por ordenador y la primera en tener su propio derecho de autor. **Derecha**. Charles Csuri. *The First Hummingbird,* 1966. El espacio de parámetros para el dibujo de la línea original fue manipulado de manera tal que primero aparece como un garabato. Luego, progresivamente, los parámetros se alteran de tal manera que los dibujos después de varias fases alcanzan su representación final. Como animación tiene muchas de las características de lo que llamado "transformación" (morphing, en inglés) en la actualidad.

En 1982, la revista *Time* elige al PC como hombre del año. El ordenador se convierte en una necesidad. En 1983, surge el formato de disco compacto (CD, Compact Disk) para la distribución de audio digital y se define el primer

---

[83] Un año después Apple lanza Apple II: primer microordenador personal producido en masa altamente satisfactorio con gráfico a color.

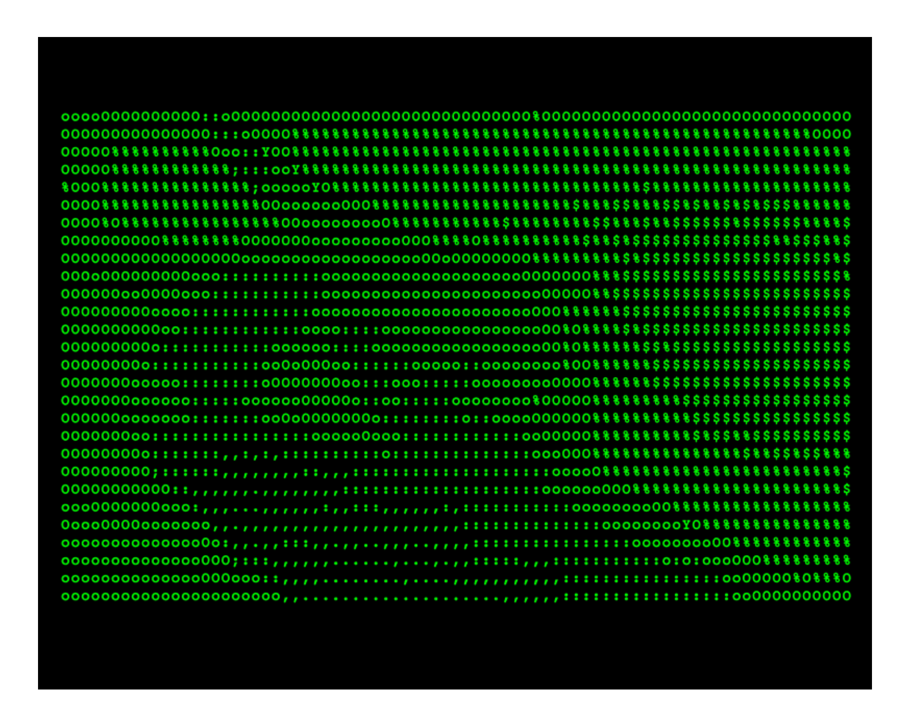
protocolo estándar industrial MIDI (Musical Instrument Digital Interface) que permite la comunicación, control y sincronización entre instrumentos electrónicos musicales, como teclados controladores, ordenadores, y otros equipos electrónicos. Un año después, William Gibson incluye el término ciberespacio en su primera novela de ciencia ficción *Neuromante*. En 1986, Sony/Phillips lanza el DAT, Digital Audio Tape. En 1989, Jeffrey Shaw crea su obra interactiva *The Legible City*.



27. John Whitney. *Permutations*, 1966. Fotograma.

La World Wide Web (abreviada como Web) entra en funcionamiento en 1990 y se consolida durante la década. La WWW es un sistema de hipertextos entrelazados con acceso mediante Internet. Las páginas Web pueden contener texto, imágenes, vídeos y otros contenidos multimedia; se puede navegar entre ellas usando hiperenlaces. Tim Berners-Lee desarrolla el Lenguaje de Marcas de Hipertexto (HTML, HyperText Markup Language): lenguaje de etiquetas predominante para la construcción de páginas web. Kenneth Snelson crea una de las primeras esculturas virtuales con un

programa 3D. En 1991, Karlheinz Brandenberg, director de tecnologías de medios electrónicos del Instituto Fraunhofer IIS, desarrolla el formato de compresión de audio digital MP3 (MPEG-1 Audio Layer 3) y Linus Torvalds presenta Linux 0.01, un reemplazo no comercial para MINIX[84]. En 1993, Marc Andreessen crea el primer navegador web gráfico, *Mosaic*. Un año después fue renombrado como Netscape. A mitad de la década, en 1996, Polaroid[85] presenta una cámara digital de 1 Megapixel y nace el Disco Versátil Digital (DVD, Digital Versatile Disc).



28. Vuc Cosik. *Psycho*, 1998.

[84] Clon del sistema operativo Unix, desarrollado por el profesor Andrew S. Tanenbaum en 1987, distribuido junto con su código fuente. MINIX fue creado para rodear las limitaciones antipedagógicas de Unix (restricciones de licencia de AT&T, complejidad y elevados requerimientos computacionales) y enseñar a sus alumnos acerca del diseño de sistemas operativos en la Vrije Universiteit de Ámsterdam.

[85] En 1947 Polaroid asombró al mundo con la primera fotografía instantánea: una cámara que revelaba y positivaba la imagen en tan solo 60 segundos. Este invento se convirtió en el buque insignia de la empresa hasta la aparición de la fotografía digital.

El desarrollo tecnológico, hasta la fecha, ha seguido la predicción de Moore con un comportamiento aproximadamente exponencial. La década de 2000 se caracteriza por la miniaturización, la conexión inalámbrica, el enorme incremento de la capacidad de proceso y almacenamiento y la introducción de memorias electrónicas con suficiente capacidad para sustituir los medios de almacenamiento convencionales como el disco duro. En Internet proliferan tiendas, redes sociales, blogs, contenidos. La computación en nube y ubicua demuestra el cambio de paradigma hacia la aplicación de sistemas complejos mejor relacionados con el comportamiento caótico de los procesos naturales y del hombre. La información tarda menos de un segundo en darle la vuelta al mundo y un diminuto teléfono inteligente (Smartphone, en inglés) se convierte en un centro donde se combinan *las tres* C del esquema propuesto por Barreca: comunicación, computación y contenido. La tecnología facilita nuevos hábitos de consumo, movilización y relaciones. La vida del «homo information» no es posible sin la tecnología.

Restaurar lo inestable. Un problema por resolver

La multiplicidad de perspectivas que se interrelacionan en la conservación del arte digital hace necesaria una reflexión teórica profunda en la que se indague sobre los aspectos, muchos de ellos muy comprometidos, que participan en la Restauración del arte digital.

En el Artículo 10, de la Carta de la Preservación del Patrimonio Digital[86], la UNESCO señala la conveniencia de adoptar medidas para:

> Instar a los fabricantes de equipos y programas informáticos, creadores, editores y productores y distribuidores de objetos digitales, así como otros interlocutores del sector privado, a colaborar con bibliotecas nacionales, archivos y museos, y otras instituciones que se ocupen del patrimonio público, en la labor de preservación del patrimonio digital;

[86] *Carta de la UNESCO para la preservación del patrimonio digital*, UNESCO, 15/10/ 2003, en: http://arpa.ucv.cl/texto/Preservaci%F3nPatrimonioDigitalUNESCO.pdf, Anexo I, p. 4. [Consulta: 4-10-2010].

Fomentar la formación y la investigación, e impulsar el intercambio de experiencia y conocimientos entre las instituciones y las asociaciones profesionales relacionadas con el tema;

Alentar a las universidades y otras instituciones de investigación públicas y privadas, a velar por la preservación de los datos relativos a las investigaciones.

Se puede decir que los centros de investigación sobre la conservación de los nuevos medios surgen casi a la par de la exhibición de las primeras muestras de estas nuevas propuestas artísticas. Sin embargo, después de cuarenta años se hace imprescindible una colaboración estrecha entre todos los agentes implicados, desde los artistas y curadores a los restauradores, conservadores y coleccionistas y esto se pone de manifiesto en los proyectos avalados por estos centros en los que de una manera multidisciplinar trabajan todos en equipo. En los últimos años han proliferado las organizaciones, museos y organismos dedicados a plantear y establecer proyectos de investigación interinstitucionales. Uno de los aspectos destacable es, precisamente, el alto grado de colaboración y de intercambio de información que existe a nivel internacional entre los distintos centros de investigación, instituciones y museos[87]. Aunque la problemática de la Restauración del arte digital es universal la mayoría de las instituciones dedicadas a la investigación se encuentran situadas en dos grandes grupos geográficos: Europa: fundamentalmente en Holanda, Alemania y Gran Bretaña y América: Estados Unidos y Canadá.

Otro aspecto importante que muchos de los profesionales implicados en la Restauración de estas obras entienden como esencial para el desarrollo y mejora de las estrategias de acción es la relevancia de la opinión del artista en cuanto a la Restauración de su obra: cómo piensa que ésta puede ser percibida con el paso de los años e incluso cómo se debe afrontar su Restauración; cuestión que ha devenido en dilema ético. Desde la perspectiva de los Restauradores e investigadores se es consciente que muchas de las obras están privadas de significado si no van acompañadas de una documentación adecuada y accesible a la comunidad científica. La

[87] A través del intercambio de conocimientos, de información, muchas veces difícilmente accesible o incluso no publicada, la creación de herramientas de catalogación y documentación, etc.

información conseguida a través de entrevistas, instrucciones de instalación o reportajes se convierte en documentos de vital importancia a la hora de Restaurar estas obras. Todas estas razones son las que han contribuido a la creación de centros dedicados a la preservación y conservación del arte realizado con nuevos medios.

Es muy difícil hacer un censo de todos los organismos implicados y los esfuerzos realizados en estas tareas pero sí conveniente destacar, al menos, algunas de las iniciativas más interesantes.

Electronic Art Intermix (EAI) es una institución pionera estadounidense que data de 1971. En 1969 se exhibió en la Howard Wise *Gallery*, en New York, la que hoy se considera una de la primera muestras de las, desde entonces, arte realizado con "nuevas tecnologías": *TV as a creative médium*[88]. En 1979 Howard Wise cerró su galería para fundar, al año siguiente, EAI: una institución sin ánimo de lucro, dedicada a la exploración del potencial de los medios electrónicos, sus significados y a la promoción de la investigación teórica y práctica sobre los nuevos medios, el desarrollo de soportes emergentes y el acceso a los artistas de las nuevas tecnologías[89]. En 1985 EAI inició el *EAI´s Preservation Program;* una de las primeras iniciativas para conservar y catalogar una colección de *videoarte*. Gracias al soporte económico de entidades como el *New York State Council on the Arts* o la *National Endowment for the Arts* y la colaboración con instituciones como la *Daniel Langlois Foundation*, se restauraron,

[88] *TV as a creative medium* fue una exposición realizada en la Howard Wise Gallery de New York (17-05/14-06- 1969) en ella participaron Nam June Paik, Charlotte Moorman, Eric Siegel, Paul Ryan, Frank Gillette, Ira Schneider y Aldo Tambelini entre otros. En junio de 1994, la exposición *The Howard Wise Gallery: Tv as a Creative Medium, 1969,* comisariada por John Hanhardt, en el *Whitney Museum of American Art* rindió un homenaje a la contribución realizada por Howard Wise en este campo. En esta ocasión se pudieron ver seis de las obras de la exposición original.

[89] Electronic Art Intermix, www.eai.org, [Consulta: 8-10-2010]. Una de sus funciones principales consiste en la distribución y preservación de su colección de obras "new media"; una de las más importantes del mundo que cuenta con más de 3500 títulos desde los años sesenta hasta hoy.

resmasterizaron[90] y, en algunos casos, migraron desde sus formatos originales a formatos de archivo como puede ser el Digital Betacam[91], cientos de obras de su colección. Toda la conservación se lleva a cabo en estrecho contacto con los artistas y bajo la supervisión de servicios especializados. En general operan con metodologías "estudio de caso"[92] para reconstruir la imagen y el sonido o migrarlos a formatos más estables.

En 2007 con motivo de la celebración del Congreso *IMAP Electronic Media Preservation Symposium,* EAI en colaboración con el *Independent Media Arts Preservation*[93] (IMAP) presentaron el proyecto "EAI Online Resource Guide for Exhibiting, Collecting & Preserving Media Art": una plataforma on-line estructurada en tres secciones: *Exposición, Colección, Conservación*, cada una de ellas divididas, a su vez, en tres categorías, en las que se propone la tipología de las obras: *vídeo monocanal*, *obras realizadas con el ordenador* e *instalaciones*. Para cada categoría se establece una serie de directrices (con una buena cantidad de recursos desarrollados por profesionales del sector) en dependencia de lo que se pretenda hacer con la obra: exponerla, coleccionarla o conservarla según el siguiente guión:

Introducción

Buenas prácticas

Cuestiones básicas

---

[90] Remasterizar es un anglicismo que proviene de "remaster", o sea, "reedición". Es un proceso que consiste en mejorar la calidad de objeto audiovisual (sonido, imagen o ambos) desde una grabación previamente existente.

[91] El Betacam Digital fue una tecnología muy popular en la edición y digitalización de vídeo en los años ochenta y noventa, aunque existen alternativas más apropiadas como la grabación en disco duro.

[92] Reforzando el enfoque "forense" hacia la conservación.

[93] IMAP, www.imappreserve.org, [Consulta: 9-10-2010]. Independent Media Arts Preservation es una organización sin ánimo de lucro dedicada a la preservación de los *nuevos medios*.

Proceso de planificación

Contrato o *Condition Report* (según el caso)

Costes

Equipos y Tecnología

Entrevistas

Casos de estudio

Artículos

Con el título de "Archiving the AvantGarde"[94], la *Universidad de California*, *Berkeley Art Museum and Pacific Film Archive*, junto con el *Solomon R. Guggenheim Museum*, *Rhizome Organisation*, el *Franklin Furnace Archive* y el *Cleveland Performance Art Festival and Archive*, inició un proyecto con el objetivo de archivar, conservar y documentar esta "nueva vanguardia" digital. Para profundizar en la teorética y práctica de los *nuevos medios* y estimular diversas líneas de investigación crearon una red de colaboración entre los museos y las distintas instituciones internacionales. Richard Rinehart, uno de los responsables de este programa y Director de Medios Digitales del *Berkeley Art Museum and Pacific Film Archive*, desarrolló, en este contexto, la idea de una Restauración alógrafa estándar: algo similar a lo que la notación es para la música[95].

The Variable Media Network[96] es otro de los proyectos que aúna los esfuerzos realizados por dos prestigiosas instituciones como son el *Guggenheim* y la *Daniel Langlois Foundation*. El objetivo de este programa,

---

[94] Archiving the Avant-Garde, http://www.bampfa.berkeley.edu/about/avantgarde, [Consulta: 9-6-2009].

[95] Rinehart, Richard. *A System of Formal Notation for Scoring Works of Digital and Variable Media Art*, http://www.bampfa.berkeley.edu/about/formalnotation.pdf, [Consulta: 9-6-2009].

[96] Variable Media Network, en: http://variablemedia.net, [Consulta: 15-10-2010].

coordinado por Jon Ippolito, comisario de Media Arts del *Solomon R. Guggenheim Museum*, y por Alain Depocas, director del *Centre for Research and Documentation* (CR+D) de la *Daniel Langlois Foundation*, es establecer protocolos que permitan la Restauración de obras artísticas realizadas en formatos cuya obsolescencia es más que previsible; independientemente del *medio* en el que el artista haya realizado su trabajo.

Uno de los aspectos más sobresalientes de este proyecto es el alto grado de colaboración e implicación de los artistas en la definición de los parámetros en los que sus obras deben ser conservadas[97]. Uno de sus logros más visibles de esta iniciativa fue el diseño de una herramienta informática, en el otoño de 2003, al estilo de un cuestionario interactivo, ligado a una base de datos, para ayudar al artista y a los conservadores sobre los posibles problemas a tener en cuenta a la hora de exhibir una obra de *new media*. El formulario plantea a los artistas interrogantes sobre posibles consideraciones de las obras una vez que el medio original para el que han sido concebidas quede obsoleto. El propio Ippolito señala que "el cuestionario no es tanto una investigación sociológica como un instrumento para determinar cómo a los artistas les gustaría que su trabajo fuera recreado en el futuro si llegara el caso"[98]. Este proyecto enfatiza, alrededor del artista, la colaboración interdisciplinar en los procesos de Restauración. Cada obra es un *caso de estudio* independiente del *medio*[99]. Los resultados

---

[97] Durante el desarrollo del proyecto se entrevistaron a muchos y prestigiosos artistas como Meg Webster, Ken Jacobs o Robert Morris, entre otros.

[98] Ippolito, Jon. Accommodating the Unpredictable: The Variable Media Questionnaire en Depocas, Alain; Ippolito, Jon y Jones, Caitlin (Eds). *Permanence through change: The Variable Media Approach.* New York: The Solomon R. Guggenheim Foundation y Montreal: The Daniel Langlois Foundation for Art, Science, and Technology, 2003. Disponible en: http://www.variablemedia.net/e/preserving/html/var_pub_index.html, [Consulta: 16-12-2010], p. 47.

[99] Ippolito, Jon. Death by Wall Label en Christiane, Paul (Ed). *New Media in the White Cube and Beyond: Curatorial Models for Digital* Art. Berkeley: University of California Press, 2008, pp. 106-132. Tal independencia se consigue mediante la implementación de determinados «comportamientos»: reproducido, duplicado, interactivo, codificado, intercomunicado o contenido. El término *reproducido* se aplica a cualquier medio que pierde calidad cuando es copiado. En contraste *duplicable* es cualquier medio que admite clonación o versiones indistinguibles. El comportamiento *interactivo* se utiliza para medios reactivos; que requieren la intervención del receptor. Un trabajo *codificado* es aquel que utiliza de alguna manera un programa de ordenador o partitura anotada para su construcción; que tiene un

se vuelcan a una base de datos compartida, accesible vía Internet (pero de acceso restringido), que constituye una referencia de valor incalculable para la investigación, difusión, colaboración, etc.

Otra de las actividades destacables realizadas por esta plataforma fue la exposición *Seeing Double. Emulation in Theory and Practice*[100] en la que se expusieron una serie de obras originales de *nuevos medios* junto a sus versiones emuladas[101]. "Esto supuso, tanto para el público como para los expertos en conservación, una oportunidad única para comparar las versiones y explorar las ramificaciones potenciales de la obsolescencia tecnológica en el arte electrónico"[102]. El propio John F. Simon Jr. (uno de los artistas invitados a exponer) expone en una entrevista:

> Las emulaciones, creo, simplemente se mantienen añadiendo capas y capas de programación en el tiempo. Pienso que es demasiada sobrecarga, y por lo

---

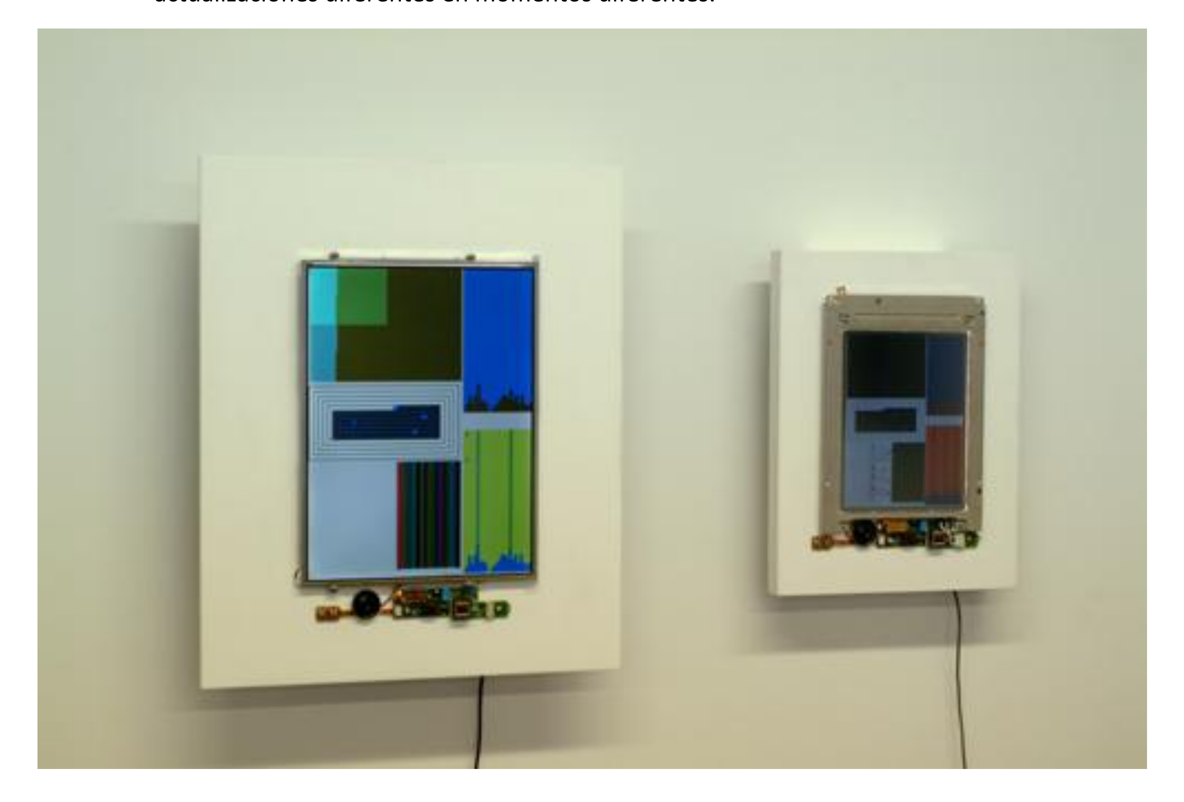
comportamiento procesual. Una obra *intercomunicada* se distribuyen a través de una red de comunicación electrónica (como Internet) y, por último, el comportamiento *contenido* pregunta, por ejemplo, "si una superficie oxidada se debe limpiar o se debe reemplazar la parte dañada", pp. 118-119.

[100] Seeing Double: Emulation in Theory and Practice, 2004; http://www.variablemedia.net/e/seeingdouble/, [Consulta: 10-10-2010]. Entre 19 marzo-16 mayo de 2004 el Guggenheim Museum de New York, comisariada por Caitlin Jones, Carol Stringari y Alain Depocas, expuso el proyecto *Seeing Double: Emulation in Theory and Practice* donde se estudiaron obras en distintos medios de Cory Arcangel, Mary Flanagan, Jodi, Robert Morris, Nam June Paik, John F. Simon Jr. y de Roberta Friedman y Grahame Weinbren. Con motivo de esta exposición tuvo lugar el simposio *Echoes of Art: Emulation As a Preservation Strategy* (08/05/2004) en el que artistas, programadores, conservadores e intelectuales debatieron sobre los problemas que plantean la obsolescencia de las tecnologías en el contexto de la cultura.

[101] Jones, Caitlin y Stringari, Carol. Seeing Double: Emulation in Theory and Practice en Christiane, Paul (Ed). *New Media in the White Cube and Beyond: Curatorial Models for Digital Art*. Berkeley: University of California Press, 2008, pp. 220-232. La emulación, aunque "(…) tiene un significado específico en el contexto de los medios digitales, donde (…) ofrece una técnica poderosa para correr software caduco sobre una plataforma contemporánea" no está limitada al software. "Emular un trabajo es diseñar una imitación de la apariencia [*loock and feel*], pero en un medio completamente diferente del original".

[102] *Ibíd.*, p. 220. En este contexto la *emulación* produce versiones. El problema es si captura el espíritu de la obra original, si mantiene su valor simbólico.

tanto no es eficiente. Si vas al código fuente y lo recompilas, estás más cerca de la máquina. Puedes controlar más cosas a más niveles. No me molesta si ocurren variaciones entre las ediciones numeradas de esta pieza debido a actualizaciones diferentes en momentos diferentes.



29. John F. Simon Jr. *Color panel*. A la izquierda: Color Panel v1.0.1, 2004. Código C, portátil Apple PowerBook G3 alterado, y acrílico. A la derecha la version original emulada: Color Panel v1.0, 1999. Código C, portátil Apple PowerBook 280c alterado, y acrílico. Exposición *Seeing Double: Emulation in Theory and Practice*. Aunque en la imagen solo se ve una en realidad se expusieron dos versions emuladas. La circuitería en la parte inferior, que sí es operativa en la obra original, no es funcional, ni guarda ninguna relación con el G3 sino que tiene exclusivamente un propósito puramente estético[103]. Las diferencias perceptuales son considerables.

---

[103] Jones y Stringari, *op. cit*., p.227. “Un punto importante a destacar es que el propio artista determinó y ejecutó la «metodología de preservación». Tal recompilación podría ser difícil de conseguir o justificar en el futuro sin el código fuente del artista y sin su autorización para

Otro formato es el creado por *Rhizome.org*, una plataforma on-line[104] sin ánimo de lucro, fundada en 1996 en New York por algunos de los primeros artistas que trabajaban en la web: Mark Tribe y Alex Galloway. En 2003 se asocia con el *New Museum of Contemporary Art*[105] y en la actualidad constituye un sitio de referencia que contribuye a definir los roles que juegan las prácticas artísticas ligadas al empleo de las tecnologías digitales. Entre sus objetivos se encuentran la creación, presentación, conservación y estudio de las obras que emplean y experimentan con la tecnología y la promoción al acceso de los nuevos medios en un contexto crítico. Además presta especial atención tanto a los artistas como a las obras desde la perspectiva de las complejas interrelaciones que se establecen entre la tecnología el arte y la cultura.

Rhizome.org creó, en 1999, *Rhizome ArtBase*: un archivo online, en expansión, de *new media art* que tiene registradas más de 2400 obras. Cualquier artista, mediante la aplicación de una serie de criterios de selección[106], puede presentar obras de *net art*, *software art*, *computer games* y documentación de *performances* e instalaciones. Una vez

---

utilizarlo." Este caso es un ejemplo de las contradicciones éticas que se producen por la influencia del artista en el proceso de Restauración. Para el museo incluso las nuevas versiones emuladas se encuentran en el mismo estado de riesgo de obsolescencia; no dispone de la información funcional que requiere para una futura intervención; ni siquiera de la autorización del artista para intervenir su obra después de muerto cuando la responsabilidad de su Restauración sea completamente suya.

[104] Rhizome: At the new museum, www.rhizome.org. [Consulta: 6-10-2010].

[105] Fundado en 1977 en New York por Marcia Tucker, se convirtió en una propuesta única en su género al ser concebido como un centro de exposiciones, información y documentación de obras realizadas por artistas emergentes. Hoy en día tiene como objetivo el lema: "new art, new ideas".

[106] Entre esos criterios se encuentran entre otros: la innovación estética, conceptual o su impacto político, que la obra sea relevante dentro de los nuevos medios o que haya sido estudiada o discutida dentro de Rhizome.org o en otras publicaciones reconocidas.

aceptadas las piezas se clasifican según una serie de términos[107] para facilitar un acceso indexado por etiquetas.

La *Daniel Langlois Foundation for Art, Science, and Technology* es una organización de carácter privado radicada en Montreal, Cánada[108]. Desde su creación en 1997 ha desarrollado programas de investigación en los ámbitos científico, artístico y tecnológico con un fuerte impacto internacional. En 2005 puso en marcha un ambicioso proyecto con formato de programa quinquenal denominado DOCAM, *Documentation and Conservation of the Media Arts Heritage*[109], en el que participan cerca de veinte instituciones y museos internacionales de ambos lados del Atlántico y que nace con cinco objetivos perfectamente definidos:

Promover la investigación multidisciplinar entre la ciencia y la técnica para resolver los problemas que plantea la conservación del patrimonio en el que interviene la tecnología.

Provocar la transferencia de conocimiento y el debate entre todos los colectivos implicados en la conservación de las obras tecnológicas, electrónicas y digitales.

Desarrollar nuevas herramientas para documentar y conservar las obras con componentes tecnológicos como pueden ser un catálogo que se adapte a este tipo de obras, o una guía de “buenas prácticas” para conservadores.

Contribuir a la formación de la próxima generación de profesionales: historiadores, comisarios, conservadores, ingenieros, etc., responsables de conservar las obras.

[107] Elegibles del vocabulario propuesto por Rhizome o añadidos por el artista. Cuando un término nuevo alcanza un cierto nivel de popularidad pasa a formar parte del vocabulario de Rhizome.

[108] La fondation Daniel Langlois, www.fondation-langlois.org, [Consulta: 8-10-2010].

[109] DOCAM, www.docam.ca, [Consulta: 8-10-2010].

Desarrollar durante los cinco años que dura el proyecto resultados tangibles como pueden ser la implementación de nuevos programas universitarios, la adopción de políticas culturales adaptadas a las nuevas realidades de las obras o la adopción de herramientas desarrolladas por el proyecto.



30. Janet Cardiff. *Eyes of Laura*, 2004. Caso de estudio del proyecto DOCAM. Esta es una de las cuatro obras encargadas por la Vancouver Art Gallery para el proyecto de exposición a largo plazo: *On Location: Public Art for the New Millennium*. Como esta fue la primera pieza basada en web para entrar en su colección permanente, la Galería tuvo que adaptar su proceso habitual de adquisición.

ZKM Zentrum für Kunst und Medientechnologie[110] es uno de los centros de referencia en Europa radicado en Karlsruhe, fundado por Peter Weibel, en

---

[110] ZKM, www.zkm.de, [Consulta: 7-10-2010]. Cuya idea original procede de mediados de los años ochenta del pasado siglo surgió gracias a una serie de intelectuales, ligados a la universidad de esa ciudad y al *State Academy for Design*, que en esas fechas deciden poner

1999 que tiene entre sus objetivos ser una plataforma de discusión entre la teoría y la práctica, en el contexto del arte y las nuevas tecnologías, y participar activamente en el debate sobre el conocimiento y el uso de la tecnología. Entre sus proyectos más relevantes se encuentran el denominado *OASIS* (*Open Archiving System with Internet Sharing*)**[111]** un proyecto multiinstitucional[112] que tiene como objetivo la investigación, documentación y preservación del arte electrónico.

Basado en la metodología del "estudio de caso" se han estudiado una serie de obras y elaborado informes que incluyen una serie de recomendaciones técnicas para la posible reinstalación de las obras y conservación. En la actualidad se encuentra en marcha *Mediaartbase***[113]**, un proyecto trienal iniciado en 2008, que tiene como finalidad generar una plataforma transinstitucional con estructura de banco de datos que sirva para archivar y presentar música y *media art*.

En 2003, de la colaboración de un grupo de comisarios, conservadores, documentalistas e ingenieros de cuatro prestigiosas instituciones (Tate London, MOMA, SFMoMA y New Trust of Art), surgió un ambicioso proyecto denominado *Media Matters. Collaborating towards the care of time-based media*[114] cuyo objetivo fue establecer modelos para el cuidado y la conservación de las obras de arte digital; en particular: desarrollar

---

en marcha un instituto de investigación origen de este gran centro dedicado a la cultura de la imagen, a la música y a los nuevos medios.

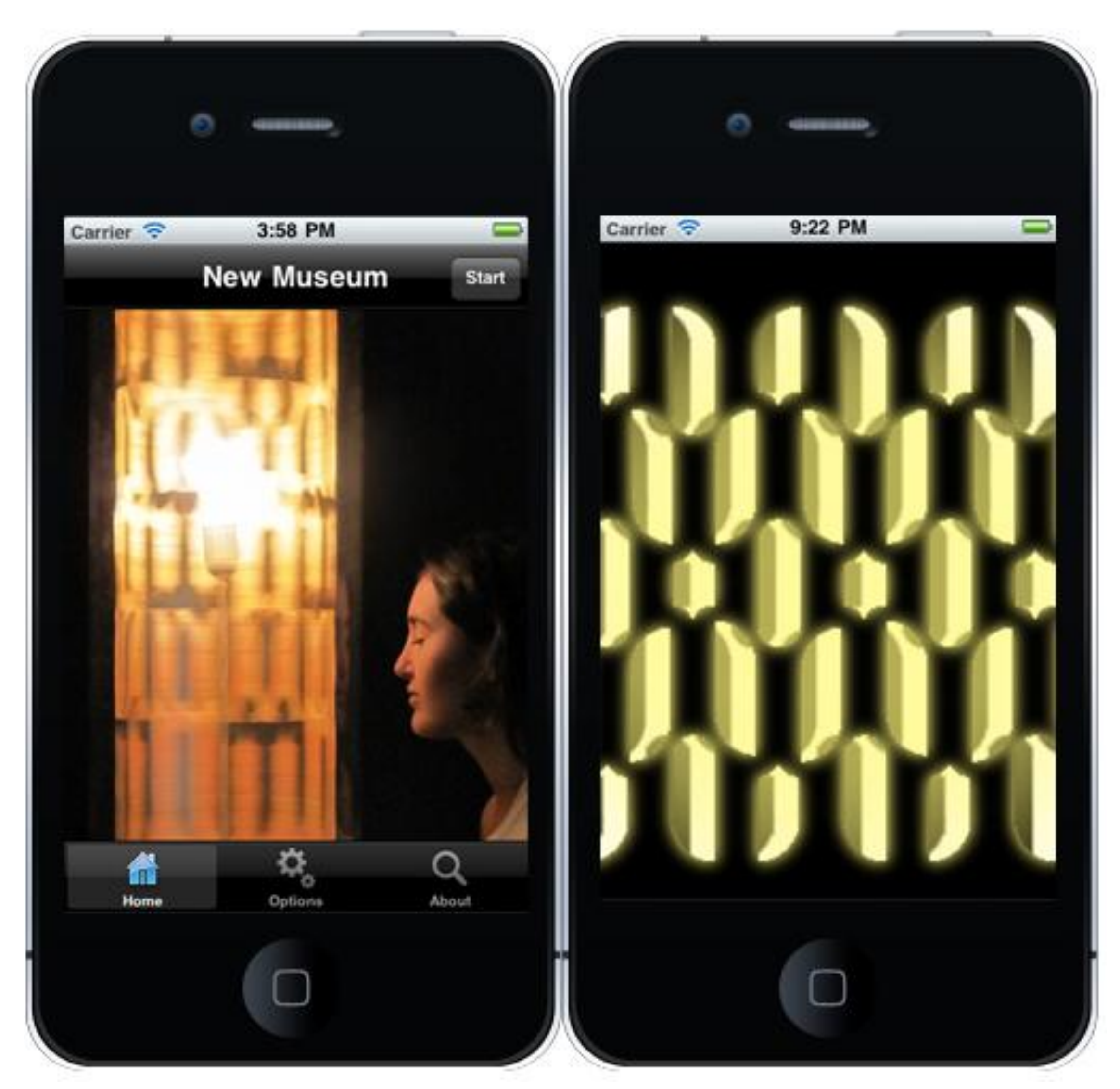
[111] OASIS, www.oasis-archive.eu, [Consulta: 7-10-2010]. Proyecto trienal 2004-2007, financiado por el programa Culture 2000 de la Unión Europea.

[112] *Karlsruhe University of Arts and Design*, AGH *University of Science and Technology* (Cracowia), CIANT *International Center for Art and New Technologies* (Praga), *Les Instants Vidéo Numériques et Poétiques* (Marsella), *Montevideo- Netherlands Media Art Institute* (Amsterdam).

[113] mediartbase.de, http://www.mediaartbase.de/index.html?L=1, [Consulta: 7-10-2010].

[114] Matters in Media Art, http://www.tate.org.uk/research/tateresearch/majorprojects/mediamatters/, [Consulta: 7-10-2010].

estrategias de conservación en correspondencia a la complejidad de este tipo de obras; y dotar a las instituciones implicadas de los instrumentos necesarios para el registro y la documentación de obras de arte complejas.



31. Brion Gysin. *Dream Machine*, 2010. Primera presentación completa del pintor, artista, poeta y escritor Brion Gysin. Esta aplicación está inspirada en Dreamachine Gysin (1961), una escultura de luz cinética que utiliza el efecto "parpadeo" para inducir visiones cuando se experimenta con los ojos cerrados. No recomendable a personas con trastornos convulsivos.

Este proyecto consiguió, a lo largo de sus dos fases, iniciadas en 2004 y 2007 respectivamente, la actualización y adaptación de los formularios museográficos tradicionales de *Condition Report* y *Facilities Report*[115] para este tipo de obras tan complejas y específicas.

International Network for the Conservation of Contemporary Art (INCCA[116]) es una organización internacional formada por conservadores, investigadores, historiadores del arte, comisarios o científicos, dedicada a la investigación de la conservación del arte contemporáneo y coordinada por el *Netherlands Institute for Cultural Heritage*/ICN. Fundada en 1999[117], su página web www.incca.org constituye una plataforma única de información y de intercambio de conocimiento. Dispone de la *Incca Database for Artists' Archives*, una herramienta única para los profesionales a través de la cual pueden acceder a información inédita proporcionada directamente por los artistas en relación con sus obras[118]. Los miembros de INCCA trabajan en proyectos de investigación conjuntos que abarcan diversos líneas de investigación como *Inside Installations: Presentation and Presentation of Installation Art* (2004-2007)[119].

[115] Ambos son informes sobre las condiciones de conservación de las obras y de los servicios/condiciones de los museos respectivamente.

[116] INNCA, www.incca.org, [Consulta: 7-10-2010].

[117] En el seno del Programa Raphael de la Comisión Europea, 23 expertos de 11 organizaciones internacionales fundaron INCCA con sede en Amsterdam. En la actualidad forman parte de ella más de 150 instituciones de 30 países.

[118] En colaboración con la Tate desarrolló una guía de empleo para entrevistar a los artistas. La propia Tate realizó un informe interno denominado "Guided to Good Practice: Artists' Interviews'" escrito por Jo Crook en junio de 2001.

[119] *Vid*., nota 19. En este proyecto financiado por el Programa *Cultura 2000* de la Union Europea, participaron instituciones como la *Tate* de Londres, *Restaurierungszentrum* de Düsseldorf, *Stedelijk Museum voor Actuele Kunst* (SMAK) de Gante, *Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía* (MNCARS) de Madrid, *Stichting Behoud Moderne Kunst* (SBMK), de Hertogenbosch (Holanda) y el *Instituut Collectie Nederland* de Amsterdam. Cada una de estas instituciones tiene sus propios socios nacionales. El "grupo" español cuenta con la colaboración del *Museu d`Art Contemporani* de Barcelona, *Centro Andaluz de Arte Contemporáneo*, *Guggenheim* de Bilbao, *Artium* de Vitoria, la *Fundación La Caixa* y el *IVAM* de Valencia. Se estudiaron unas treinta instalaciones complejas. Algunas multi-media fueron



32. Gary Hill. *Between Cinema and a Hard Place*, 1991. Obsérvese que en esta instalación se ha desprovisto a los monitores de sus carcazas para que el propio tubo de rayos catódicos forme parte de la *imagen*.

En mayo de 2009 comenzó un proyecto bianual, financiado por el Programa Cultura (2007-2013) de la Comisión Europea y la Fundación Mondrian, denominado *PRACTICs of Contemporary Art: The Future*[120] dirigido por el *Netherlands Institute for Cultura Heritage* (ICN) y coorganizado por cinco instituciones, entre ellas se encuentra el *Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía* (MNCARS), a las que a su vez se encuentran asociadas otras instituciones de sus países correspondientes. Entre los objetivos de este proyecto ahora en curso se encuentran:

Incrementar el nivel de excelencia e investigación interdisciplinar entre conservadores, comisarios, artistas, tecnólogos y profesores.

Aumentar el interés público por el arte contemporáneo y su conservación.

---

reinstaladas, investigadas y documentadas. Entre los artistas españoles cuyas obras fueron tratadas se encuentran Ignasi Aballí, Ángel de la Cruz, Javier Pérez y Eulàlia Valldosera.

[120] PRACTICs of Contemporary Art: The Future, http://www.incca.org/projects/64-current-projects/475-practics, [Consulta: 22-12-2010]. PRACTICs es el acrónimo de las palabras inglesas *practics, research, access, collaboration, teaching in conservation of contemporary art.*

Fomentar la colaboración entre programas educativos en conservación.

Facilitar la continua colaboración entre redes de grupos de trabajo afiliados a INCCA.

Precisamente es en Holanda donde se encuentra otra de las instituciones que se ha preocupado, a lo largo de las últimas décadas, por preservar el Patrimonio Digital: el *Netherlands Media Art Institute: Montevideo/Time Based Arts*[121], creado en 1978 por René Coelho, después de fusionarse en 1993 con *Time Based Arts*; una asociación de videoartistas fundada una década antes. Hoy en día y gracias a capital público trabaja fundamentalmente en tres áreas principales: la presentación, la investigación y la conservación. Asimismo presta servicio a artistas e instituciones a la vez que realiza programas educativos. Desde 1992, ha investigado y desarrollado modelos de conservación del media art hasta convertirse en un centro especializado en este terreno en las áreas de videoarte, instalaciones y performances.

En España, uno de los grupos de trabajo del Grupo Español del *International Institute of Conservation*[122] está dedicado precisamente al Arte Contemporáneo. Este grupo celebra anualmente unas jornadas, en colaboración con el Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía (MNCARS), dedicadas precisamente a la puesta en común de las reflexiones e investigaciones en relación con esta área[123].

[121] Nederlands Instituut voor Mediakunst, www.montevideo.nl, [Consulta: 8-10-2010].

[122] Grupo Español de Conservación, http://ge-iic.com, [Consulta: 8-10-2010].

[123] En los últimos años se observa en la publicación que recoge las jornadas un interés incipiente por la conservación del arte de los nuevos medios. El propio *Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía* es socio del proyecto *PRACTICs of Contemporary Art: The Future* y ha participado, en el proyecto *Inside Installations: Presentation and Presentation of Installation Art* (*2004-2007*).



33. Bill Spinhoven. *Albert's Ark*, 1990. Caso de estudio de *Inside Installations*. Esta obra es representativa del "estado del arte" y el avance tecnológico de los años 1980 y principios de la década de 1990 que, en el momento del estudio, 2007, devenía rápidamente en obsoleta.

Otra iniciativa es el programa *Digi- Arts*[124] de la UNESCO, cuya sección de *Historia del Media Art* coordina Claudia Gianetti, directora del *Media Centre*

---

[124] digi-arts, http://portal.unesco.org/culture/es/ev.php-URL_ID=1391&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html, [Consulta: 17-5-2009]. Proyecto de investigación histórica, teórica, técnica, científica y artística en el campo de las artes electrónicas y digitales.

d´Art i Disseny, (MECAD). MECAD es un centro asociado a la *Universidad Ramon LLull* de Barcelona que tiene entre sus objetivos promover la investigación en torno al arte electrónico y el diseño digital, además de potenciar la producción teórica y la reflexión sobre la cultura y el patrimonio digital. Entre sus publicaciones conviene destacar *Net@spaña* la primera plataforma sobre *net art* realizada en España[125].

Conclusiones

Cartografiar el arte digital y enmarcarlo en un contexto histórico es un primer paso para sistematizar el conocimiento y orientar la Restauración. En esta investigación no se realiza un análisis genealógico del arte digital[126] sino un recorrido histórico marcado por la introducción de elementos tecnológicos relevantes para el desarrollo de las prácticas artísticas que confluyen en el arte digital. Tales experiencias, en la intersección del arte, la ciencia, la tecnología, etc. son complejas, multidisciplinares y en continua expansión y es precisamente esta singularidad la que determina su naturaleza y configura su Restauración. Si se observa con detenimiento las obras ejemplos ilustradas en las figuras es simple comprobar lo difícil de clasificarlas en una u otra categoría. En la mayoría de los casos se mueven lejos de los centros, en la periferia, aunque siempre con al menos uno de los

---

[125] NET@SPAÑA, www.mecad.org/net_es.htm, [Consulta: 8-10-2010]. Net@spaña se creó en 1999 a partir de un grupo de trabajo del MECAD que emprendió la labor de recopilación de los principales artistas de media art y de arte electrónico en España. Como resultado de esa investigación en el año 2000 se publicó un CD-ROM titulado *ArteVisión-Una historia del arte electrónico en* España. Pasados seis años esa información se ha volcado en una sitio web de acceso libre gracias al Ministerio de Cultura y al Museo Extremeño e Iberoamericano de Arte Contemporáneo (MEIAC) de Badajoz. Net@spaña constituye la primera plataforma y base de datos online que incluye una amplia antología de los principales artistas y sus obras.

[126] Obras como *Il di battito internazionale intorno al la conservazione e alla documentazione della New Me dia Art,* de Laura Barreca; *Nuevas Expresiones Artísticas a Finales del Siglo XX*, de Michael Rush; *Digital Art*, de Christiane Paul; *Art of Electronic Age*, de Frank Popper o *Art of the Digital Age*, de Bruce Wands documentan especial y cronológicamente bien los antecedentes del arte digital. Su carácter efímero e inmaterial permite "considerar que [el] antecedente fundamental del arte digital es el arte desmaterializado, conocido también como «arte como idea»" *cit.* en Regil Vargas, Laura. Hipermadia: Medio, lenguaje herramienta del arte digital**.** Revista Digital Universitaria [en línea]. 10/10/2005, Vol. 6, No. 10. En: http://www.revista.unam.mx/vol.6/num10/art97/int97.htm, [Consulta: 15-10-2010].

tres ingredientes de Barreca: computación, comunicación, contenidos. Esta característica podría ayudar a orientar la Restauración. La iniciativa *Media Art Resource*, de *Electronic Arts Intermix*, separa claramente las estrategias de exposición, colección y preservación en tres grupos: vídeo, arte basado en ordenador e instalaciones[127]. Las paradojas de este nuevo orden son extremadamente difíciles de desliar pero constituyen igualmente un poderoso vehículo hacia nuevos y heterodoxos acercamientos.

La Restauración del patrimonio digital es una actividad forense tecnológica transdisciplinar orientada a casos que requiere de una formación adecuada; no solo a los nuevos conservadores, sino a todos los agentes implicados y, en especial, al artista. Tan importante como el dominio de la tecnología es el empleo de metodologías, que no métodos, para alcanzar una Restauración científica. El patrimonio digital no ha sobrevivido al tiempo. Es un problema y una realidad. Ahí están los retos, urge la acción.

[127] Obsérvese la clara distinción entre las estrategias aplicables a *videoarte* y *videoinstalaciones* (a lo que en EAI denominan simplemente instalaciones).

CAPÍTULO II

TEORÍA DE LA RESTAURACIÓN DEL ARTE DIGITAL

Cómo fue,
No sé decirte cómo fue,
No sé explicar lo que pasó

Ernesto Duarte

La necesidad de Restaurar el patrimonio digital es ya una urgencia. Instituciones internacionales como la UNESCO lo advierten. Sin embargo, excepto con el patrimonio editorial, bibliográfico y documental las iniciativas y esfuerzos son insuficientes. Esta complejidad, multidisciplinariedad y urgencia plantea a museos, galerías e instituciones coleccionistas un gran reto.

El arte digital es parte del patrimonio digital. Museos, fundaciones, coleccionistas, etc. incrementan sus fondos a la vez que los problemas relacionados con la Restauración de medios inestables: la rápida obsolescencia tecnológica y la carencia de metodologías de producción, documentación, exposición, preservación, conservación y restauración. El proceso de Restauración se convierte, prácticamente, en una experiencia forense de ensayo y error.

Arte Digital. Un activo emergente

El 15 de Octubre de 2003 la Conferencia General de la UNESCO se manifestó de manera consciente y rotunda sobre la urgencia de velar por la conservación y protección del patrimonio digital (en muchos casos en peligro de desaparición) al aprobar la *Carta de la UNESCO para la Preservación del Patrimonio Digital*[128]. En principio puede parecer

[128] *Carta de la UNESCO para la Preservación del Patrimonio Digital*, 28/03/2003, en: http://arpa.ucv.cl/texto/Preservaci%F3nPatrimonioDigitalUNESCO.pdf, [Consulta: 4-10-2010].

contradictorio, exagerado y alarmista que algo tan novedoso, de creación relativamente reciente y por lo que no ha pasado el peso de los años, como es el patrimonio digital, en la intersección del arte, la ciencia y la tecnología, esté a punto de perderse para la posteridad pero la propia Carta advierte el peligro de pérdida:

> El patrimonio digital del mundo corre el peligro de perderse para la posteridad. Contribuyen a ello, entre otros factores, la rápida obsolescencia de los equipos y programas informáticos que le dan vida, las incertidumbres existentes en torno a los recursos, la responsabilidad y los métodos para su mantenimiento y conservación y la falta de legislación que ampare estos procesos.

Situación que parece allanar el camino para que ese escenario tan agorero y realista a la vez se cumpla si los agentes responsables no se encargan de actuar de forma rotunda en sentido contrario. La UNESCO define en el Artículo 1 de la mencionada carta el *patrimonio digital* como aquellos

> (…) recursos únicos que son fruto del saber o la expresión de los seres humanos. Comprende recursos de carácter cultural, educativo, científico o administrativo e información técnica, jurídica, médica y de otras clases, que se generan directamente en formato digital o se convierten a este a partir de material analógico ya existente. Los productos de «origen digital» no existen en otro formato que el electrónico.

Con esta definición queda clara la distinción que existe entre *patrimonio digital* y *digitalización del patrimonio*; que puede adquirir la categoría de *patrimonio digital* aunque proviene de la conversión de un patrimonio analógico ya existente. Aunque la UNESCO propone digitalizar patrimonio analógico para conservarlo, lógicamente da prioridad a la conservación de los productos de «origen digital» en tanto que son «únicos» y "no existen en [ningún] otro formato que el electrónico".

Algunos autores[129], dentro de la clasificación propuesta por la UNESCO, coinciden en tratar al documento electrónico y al *patrimonio digital* dentro

---

[129] Macarrón, Ana. *Conservación del Patrimonio Cultural. Criterios y Normativas*. Madrid: Editorial Síntesis, 2008, p. 214.

del *patrimonio documental y bibliográfico* a pesar de la heterogeneidad de los materiales en los que pueden coincidir, o no, el valor documental o artístico y la obra única o seriada.

El patrimonio «nativo» digital, concretamente en el ámbito del arte digital, presenta dos problemas fundamentales: *obsolescencia tecnológica* y *debilidad metodológica* sumados a la ausencia de un corpus teórico de la Restauración que atienda su naturaleza nueva, inconclusa, reproducible, decrépita, inmaterial, intangible, inestable y voluble. Un compromiso serio y profundo en la Restauración de este patrimonio requiere un esfuerzo transdisciplinar en nuevas direcciones.

El arte digital surge como consecuencia de la extensión natural de las técnicas y herramientas de producción digitales al ámbito de producción artística. La posibilidad de representar la información en una secuencia de números binarios (que se puede copiar infinita e idénticamente, transmisible sin error y almacenable de forma barata y segura) aceleró la tercera revolución industrial a niveles insospechados y colocó a los procesadores digitales (el ordenador por excelencia) en el centro neurálgico de la actividad y producción humana, incluido el arte. Solo dos décadas después de su comienzo, a principios de los sesenta, los científicos empezaron a crear gráficos por computadora; lo que, aunque en principio fue un ejercicio experimental para explorar los límites del ordenador, no tardó en convertirse en una práctica artística, una vez que Max Bense, junto a Abraham Moles, llevaron el corpus teórico hacia una nueva modelización de la visión[130].

El desarrollo tecnológico, hasta la fecha, ha seguido la Ley de Moore[131] con un comportamiento aproximadamente exponencial. El mundo interconectado, global, informatizado, paradójicamente, con todos los

---

[130] Bense, Max. *Estética de la información.* Madrid: A. Corazón, Comunicación, Serie B, 1972.

[131] En 1965, el cofundador de Intel, Gordon Moore, tuvo una visión de futuro. Su predicción, conocida popularmente como “Ley de Moore”, plantea que el número de transistores de un chip (materia imprescindible de cualquier procesador digital) se duplica cada dos años. La consecuencia directa de la “Ley de Moore” es que los precios bajan al mismo tiempo que las prestaciones suben.

recursos para crear tecnologías perdurables en el tiempo, genera *know-how* intrínsecamente obsolescente. Lo que hoy es tecnología punta, en poco tiempo no será más que *chatarra*. Asistimos atónitos a la conversión de muchos objetos de la vida cotidiana, que en su momento fueron tecnología de última generación, en auténticas antiguayas, con la absoluta certeza de que la información y sus procesos de transformación pueden ser preservados de este proceso de decrepitud.

El mundo «real» es analógico y seguirá siendo analógico, pero su observación y control, desde aproximadamente la mitad del siglo XX, es y será digital, al menos, por mucho tiempo. En este modelo discreto del mundo solo intervienen tres elementos: la *información*, representada por *datos* binarios; los *procesos* que consumen, almacenan, transforman y generan *datos*; y el soporte físico que permite la activación de tales *procesos* (normalmente un procesador digital y un complejo de dispositivos periféricos). Solo este último, el soporte, es materia *activa*, necesita energía, normalmente corriente eléctrica, para funcionar: el resto de los elementos: *procesos* y *datos*; son inmateriales, intangibles e inestables. En el mundo «real» analógico, las variables (*datos*) que se utilizan para cuantificarlo son continuas. Por muy pequeña que sea una magnitud, siempre es posible encontrar un valor capaz de representarla. Sin embargo, desde que Nyquist y Shannon demostraron que era factible «discretizar» la información sin pérdidas nada volvió a ser como antes[132]. Ese proceso de «discretización» pasa por muestrear o capturar la información y cuantificarla en una secuencia numérica equivalente, de *cierta* manera. La consecuencia inmediata de estos hallazgos es, nada más y nada menos que: la «era digital».

La conversión analógica-digital/digital-analógica (en inglés Analog-to-Digital Conversion, ADC; Digital-to-Analog Conversion, DAC) no es una traducción del inglés al castellano (de un idioma a otro), sino un cambio de representación *controlado*. El lenguaje, de hecho, no es analógico sino discreto en la mayoría de las escalas[133]. Los grafemas o fonemas (signos

---

[132] Nyquist, Harry. Certain Topics in Telegraph Transmission Theory. *Trans. AIEE*. 1928, Vol. 47, p. 617-644 y Shannon, Claude E. A Mathematical Theory of Communication. *Bell System Technical Journal*, 1948, Vol. 27, pp. 379-423 y 623-656.

[133] Manovich, *op. cit.*, p. 74.

escritos o hablados respectivamente) constituyen unidades indivisibles agrupables en sub-unidades (morfología) y éstas, a su vez, en unidades de mayor nivel (sintaxis) para formar sintagmas, oraciones y frases. Para Roland Barthes: "El lenguaje es, como si dijéramos, lo que divide la realidad. Por ejemplo, el espectro continuo de los colores queda reducido verbalmente a una serie de términos discontinuos"[134]. Se trata de una transcodificación (*supresión/suplemento*) a diferencia de un cambio de *dominio* de representación. Las pérdidas introducidas como consecuencia del cambio de dominio, cuantificadas en el *error de cuantificación*, son muy inferiores a los límites perceptuales aceptables[135]; son, técnicamente, imperceptibles. Sin embargo, este proceso: de lo analógico a lo digital, tiene sendas implicaciones estéticas. Lev Manovich considera incluso que se puede crear un objeto de *nuevo medio* mediante una conversión de su fuente analógica (*viejo medio*)[136]:

> Todos los objetos de los nuevos medios, ya se creen partiendo de cero o sufran una conversión a partir de fuentes analógicas, se componen de código digital.

Este cambio de paradigma no ha sido del todo asimilado en la Restauración contemporánea. Una excepción es lo que Salvador Muñoz Viñas denomina "conservación informacional"[137] para referirse al duplicado

---

[134] Barthes, Roland. *Elementos of Semiología*. Comunicación, Serie B: Elementos de Semiología. Madrid: Alberto Corazón, 19 edition, 1971. Título original: *Elements of Semiology*. Publicado en inglés, en 1968, por New York: Hill and Wang. Traducción de Alberto Méndez.

[135] El número de bits, *N* que forman una muestra determina la resolución o el número de niveles de cuantificación. Si *n=8*, por ejemplo, el número de niveles de cuantificación es $N=2^n=256$. El error de cuantificación: diferencia entre el valor real analógico y el valor de intervalo de cuantificación asignado *Q*, es como máximo de 1/2 bit. Si el rango dinámico analógico, diferencia entre valor máximo y mínimo, es, por ejemplo, de 1 voltios, $Q=1/256=0{,}00390625$. El error corresponde a $\pm Q/2 = 0{,}001953125$, es decir, aproximadamente 2 mV. El proceso de digitalización supone normalmente la transducción de la señal a un rango de voltaje, ya sea luminosa, sonora, o de otra naturaleza: temperatura, presión, humedad, etc.

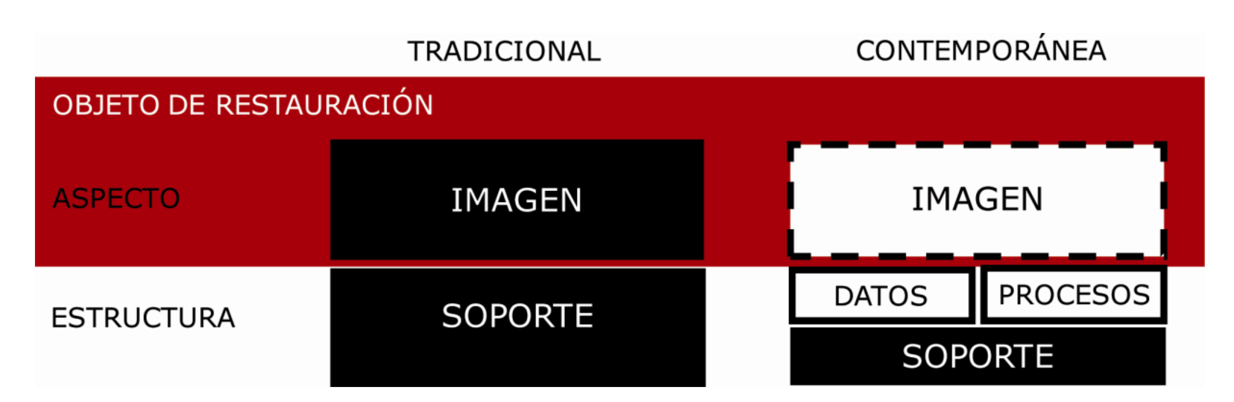
[136] Manovich, *op. cit.*, p. 72.

[137] Muñoz, *Teoría contemporánea de la Restauración*, *op. cit.*, pp. 75-76.

o la transferencia de datos a otro soporte, prescindiendo de los objetos sobre los que fueron registrados por carecer éstos de significado simbólico alguno; de hecho remarca, que “los restauradores restauran objetos” y que esta *conservación informacional* se acercará tanto más a la Restauración, “cuanto más indispensable sea conservar el objeto y no solo su información.”

Objeto de Restauración

Cesare Brandi, en su *Teoría de la Restauración*[138], establece una jerarquía *funcional* entre el *aspecto* y la *estructura* del objeto de Restauración donde presupone una subordinación de esta a aquel. El primer axioma de la Teoría de Brandi dice: “(…) se restaura solo la materia de la obra de arte. No está la materia por un lado y la imagen por otro.” Ambos conceptos, *aspecto* y *estructura*, requieren de un medio o soporte físico: “(…) serán dos funciones de la materia en la obra de arte.”



34. “Objeto” de Restauración. A la izquierda: teoría tradicional. Según la *Teoría del Restauro* de Brandi, solo se restaura la materia que funciona como *aspecto* y *estructura*. A la derecha: teoría contemporánea, correspondiente a las teorías actuales de la Restauración. Se representa en negro la materia, en blanco con línea continua, lo inmaterial y con líneas discontinuas, lo que puede ser material, inmaterial o una combinación de ambos.

---

[138] Brandi, *op. cit.*, p. 13.

Los medios físicos asociados con el *soporte* actúan como *estructura* material en la transmisión de la *imagen*: el *aspecto*, "[representan] un medio y no un fin" [139]. La *estructura* interna puede cambiar, siempre que "la estructura transformada no repercuta en el *aspecto*"[140].

El esquema anterior muestra el planteamiento conceptual del «objeto» de Restauración y realiza una comparación funcional de ambas teorías: tradicional y contemporánea. La *teoría contemporánea de la Restauración* cuestiona de manera directa este primer axioma, y pone de manifiesto que no solo no es un axioma, sino que además es erróneo puesto que "el significado (…) también es materia de restauración"[141].

En el arte digital el objeto se desarticula, la materia no constituye *estructura* y *aspecto*, sino solo una *parte* de la *estructura*: el *soporte* y, solo ocasionalmente, el *aspecto*. La *estructura*, además de *soporte*, contiene otros dos elementos opcionales: *datos* y *procesos* que son connaturales al arte digital y, en general, a una parte considerable de las prácticas artísticas postauráticas. En la *estructura* del arte digital, solo el *soporte* es materia *activa*; normalmente un ordenador o procesador digital en general, que contiene información en forma de *datos* y *procesos*; ambos intangibles, inmateriales, virtuales[142].

El concepto numérico de "0" y "1" es lógico, no físico; pero, a pesar de su inmaterialidad, requiere de un soporte. Según Sterling[143], "si no lo preservas

---

[139] *Ibíd.*, p. 19. "La materia se presenta como «cuanto sirve a la epifanía de la imagen»."

[140] *Ibíd.*, p. 20.

[141] Jiménez, Alfonso. Enmiendas parciales a la teoría del restauro (II). Valor y valores en *Loggia Arquitectura y Restauración*. 1998, 5, pp. 12-29, *cit.* en Muñoz, *Teoria Contemporánea de la* Restauración, p. 176.

[142] Sterling, Bruce. Digital Decay en *Permanence through change: The Variable Media Approach*, Alain Depocas, John Ippolito y Caitlin Jones (Eds.) New York: Guggenheim Museum Publications, 2003, p. 16. Disponible en: http://www.variablemedia.net/e/preserving/html/var_pub_index.html, [Consulta: 8-10-2010].

[143] *Ibíd*.

en alguna forma material, no estarás preservando inmaterialidad: no estarás preservando nada”. Los *datos* organizan la información según determinado *formato*. Un *proceso* no es más que un tipo especial de *datos*, que forma una secuencia de órdenes de ejecución o código para transformar *datos* en un soporte digital activo y generar una *imagen* que funciona como *aspecto*. Los *procesos,* eficazmente representados por algoritmos*,* se implementan en determinados lenguajes de programación, sistemas operativos, plataformas, herramientas y máquinas virtuales multinivel (en definitiva, con determinadas tecnologías) muy susceptibles a la obsolescencia. De ello deriva la importancia de orientar las fases de concepción, desarrollo y documentación de las obras hacia sus *datos* y *procesos*, y abstraerlas de lo perecedero, cambiable, efímero. La decisión de la conservación de *soporte*, *proceso*, *dato* y/o *imagen* es, por lo tanto, independiente y no exclusiva.

El uso del término *imagen*, en el contexto del arte digital, se extiende a toda comunicación perceptual, no solo visual. Así una *imagen* puede ser audiovisual, táctil, sonora, visual, etc.; en definitiva, cualquier estímulo que apele a los sentidos. La Restauración de la *imagen*, en el arte digital, está por lo tanto relacionada con la fidelidad de la representación estética deseada por el artista, con el valor del *objeto-símbolo*. La *percepción* de una obra en un monitor de determinada tecnología, marca, tiempo de fabricación, horas de exposición, condiciones del entorno, etc., es única; algo similar ocurre con el sonido. La Restauración de la *imagen*, en ambos casos, tiene que garantizar una idéntica reproductibilidad en términos perceptuales; lo que exige una *documentación* apropiada de estos criterios[144]. Una de las cuestiones más “comprometidas” es precisamente adquirir la consciencia de que en muchas obras de arte digital, la *imagen* no

[144] Muy poco común e infrecuente probablemente por su naturaleza eminentemente técnica, sofisticada, la falta de estandarización; es muy importante sistematizar, objetivar, estos criterios perceptuales.

es conservable[145]. Lo conservable, a diferencia de lo que plantea la Teoría *"*tradicional", son los *datos* y los *procesos*[146] que generan la *imagen*.

La *Carta Italiana del Restauro*[147] de 1972 y su posterior revisión, renovación, integración y sustitución sustancial, en 1987 publicada como *Carta de la Conservación y Restauración de los Objetos de Arte y Cultura*[148] es probablemente la guía de conservación aplicada "a todos los objetos de toda época y área geográfica que revisten de manera significativa interés artístico, histórico y en general cultural"[149], más aceptada y difundida. En el Artículo 1, de esta última, se define el ámbito de aplicación de las consideraciones e instrucciones que se explicitan en la Carta:

> Forman parte de tal universo de objetos obras de arquitectura y de agregación urbana, ambientes naturales de especial interés antropológico, fáunico y geológico, ambientes construidos, como parques, jardines y paisajes agrarios, instrumentos técnicos, científicos y de trabajo, libros y documentos, testimonios de usos y costumbres de interés antropológico, obras de figuración tridimensional, obras de figuración plana sobre cualquier tipo de soporte (mural, de papel, textil, lígneo, de piedra, metálico, cerámico, vítreo, etc.).

---

[145] Por ejemplo en aquellos casos donde la representación depende del *proceso* y/o interacción como es el caso de obras en las que existe un circuito cerrado de vídeo.

[146] Paul, Christiane. *New Media in the White Cube and Beyond. Curatorial Models for Digital Art*, University of California Press, 2008. "El arte digital es una forma de arte orientada a procesos".

[147] El Ministerio de Instrucción Pública italiano difundió el Documento sobre Restauración, con circular número 117 del 6 de abril de 1972, entre todos los jefes y directores de Institutos autónomos, con la disposición de atenerse escrupulosa y obligatoriamente, para toda intervención de restauración en cualquier obra de arte, a las normas contenidas en el propio Documento y en las instrucciones anejas.

[148] Carta de 1987 de la Conservación y Restauración de los Objetos de Arte y Cultura, http://www.mcu.es/patrimonio/docs/MC/IPHE/Biblioteca/ITALIA.pdf, [Consulta: 8-10-2010].

[149] *Ibíd.,* p. 1.

Evidentemente, la *Carta de la Conservación y Restauración de los Objetos de Arte y Cultura* de 1987[150] no contempla de una manera explícita el arte digital; a pesar de que por esas fechas un buen número de galerías, museos e instituciones lo reconocen y difunden. Dieciséis años más tarde, en el 2003, la *Carta de Preservación del Patrimonio Digital,* aprobada por la UNESCO, sí recoge la necesidad de pasar a la acción y de "estimular la adopción de medidas jurídicas, económicas y técnicas para salvaguardar ese patrimonio"[151] que de hecho no identifica como parte del *patrimonio cultural inmaterial*[152]. No obstante aunque de estas Cartas se pueden extraer y ampliar normas generales para cualquier tipo de Restauración[153], tal adaptación requiere de un estudio cuidadoso, de una redefinición incluso de la terminología, técnicas y métodos, etc.

Muñoz Viñas introduce la *paradoja Mustang*[154], para cuestionar la *rivoluzione copernicana* de Bonsanti[155] acerca del elemento característico de la Restauración: *sujeto* u *objeto*. La *rivoluzione* de Bonsanti asume que "el elemento característico [de la Restauración] no está en el objeto, sino en el sujeto" mientras que, para Muñoz Viñas, "[la Teoría Contemporánea de la Restauración] Admite que la Restauración se define en función de sus objetos pero defiende que lo que caracteriza a esos objetos son rasgos de

---

[150] El Artículo 39 de la Ley 16/1985 del Patrimonio Histórico Español de 1985 recoge la obligación de los poderes públicos de "procurar por todos los medios de la técnica la conservación, consolidación y mejora de los bienes declarados de interés cultural así como de los bienes muebles incluidos en el Inventario general a que alude el Artículo 26 de esta Ley". Queda claro que este tipo de patrimonio no está recogido en la legislación.

[151] Carta para la Preservación del Patrimonio Digital, 2003, Artículo 4, http://portal.unesco.org/ci/en/files/13367/10676067825Charter_es.pdf/Charter_es.pdf, [Consulta: 21-12-2010].

[152] Convención para la Salvaguarda del Patrimonio Cultural Inmaterial, http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001325/132540s.pdf, [Consulta: 21-12-2010].

[153] Brandi, *op. cit.*, p. 130.

[154] Muñoz, *Teoría Contemporánea de la* Restauración, *op. cit.*, p. 38.

[155] Bonsanti, Giorgio. Riparare l'arte. *OPD Restauro*. 1997, No. 9, pp. 109-112.

tipo subjetivos, establecidos por las personas y no inherentes a los propios objetos".

> El Mustang P51 (…) fue originalmente un arma de guerra, un avión monoplaza fabricado en Estados Unidos que jugó un papel importante en la Segunda Guerra Mundial. Después del conflicto permaneció en servicio algún tiempo, hasta que fue definitivamente retirado. Muchos de estos Mustang fueron vendidos a particularidades, quienes lo emplearon en exhibiciones, carreras o simplemente para uso personal. Después, como consecuencia de su lógico deterioro y de los problemas mecánicos, cada vez más frecuentes y de más difícil reparación, fueron cayendo en el olvido. Sin embargo, en estos últimos años algunos de estos particulares, y también algún museo, han restaurado algunos de los viejos Mustang hasta ponerlos de nuevo en condiciones de vuelo. La restauración de un Mustang consiste en el mismo tipo de operaciones en que consistían las reparaciones de un Mustang durante la Segunda Guerra Mundial: sustituir las piecas mecánicas necesarias, rectificar los cilindros, apretar la tornillería, fijar o sustituir los tirantes debilitados, recablear lo necesario, eliminar las abolladuras, repintar, etc. Y el Mustang es el mismo Mustang que durante la Segunda Guerra Mundial sirvió en algún escuadrón. Sin embargo, ahora su *reparación* no es ya una reparación, sino una *restauración*.

"La relación entre todos los *objetos* es su carácter simbólico"[156]. Esta reflexión es la base de la teoría contemporánea de la Restauración. Los *objetos* de Restauración son *objetos-símbolo*. "La Restauración puede [debe] reforzar la eficacia simbólica de un objeto"[157]. La paradoja del Mustang ilustra que solo cuando un objeto adquiere valor simbólico[158] los procesos, trabajos u operaciones técnicas de *mantenimiento* y *reparación* se consideran procesos de *conservación* y *restauración*. En este sentido "restaurar es reconstruir", reparar[159].

---

[156] Muñoz, *Teoría Contemporánea de la Restauración, op. cit.*, p. 40.

[157] *Ibíd.*, p. 45.

[158] *Ibíd.*, "La museación (…) puede convertir en simbólicos objetos que no lo eran en absoluto" pero "la Restauración no tiene esa capacidad, o la tiene en menor medida".

[159] González Moreno-Navarro, Antoni. Restaurar es reconstruir. A propósito del nuevo monasterio de sant llorentç de guardiola de berguedà (barcelona). *e-rph*, 2007, No. 1;

Un objeto de Restauración, en el ámbito del arte digital, posee un caracter dual, como el P51: es un *objeto-sistema* que, por inclusión en un museo o por los valores que un grupo de personas (incluso una única persona) hayan volcado sobre él se convierte en *objeto-símbolo*. Solo la pretención funcional le distingue del P51: posee una carga simbólica inicial que le condiciona como *objeto-símbolo*. Como *objeto-sistema* el P51 debe cumplir determinados requisitos funcionales: la «eficiencia del producto» en la terminología Brandiana[160]. Como *objeto-símbolo* debe satisfacer tales requisitos funcionales solo en cuanto preserven su valor simbólico. Es precisamente esta dualidad *sistema-símbolo* en la concepción del objeto lo que le diferencia del P51. El P51 fue diseñado por un equipo de especialistas, muy probablemente multidisciplinar, según la axiomática de la ingeniería de aeronaútica militar, con metodologías muy claras para detectar los requerimientos funcionales de la aeronave y diseñar el proceso de fabricación, validación, entrenamiento, mantenimiento, reparación, etc. El desarrollo y concepción de una obra de arte, sin embargo, no está obligado a ajustarse a una axiomática específica, o seguir determinados protocolos y no debe garantizar «nada», en términos de eficiencia como *sistema*, sino solo como *símbolo*.

El *objeto-sistema* se desarrolla para un cliente, *usuario* en el argot de la ingeniería. Los protocolos para detectar los requisitos de un *objeto-sistema* están diseñados para recoger información fiable: precisa, completa, consistente y fácil de verificar y modificar. El desarrollador o equipo de desarrollo debe identificar las fuentes de información, realizar las preguntas apropiadas, analizar la información, confirmar con él/los *usuarios* lo que parece haberse comprendido de los requisitos y por último sintetizar los requisitos en un documento que, tras su aprobación, sirve como guión para todo el trabajo posterior. Sin embargo las especificaciones de un *objeto-símbolo*, como *objeto-arte* que es, suelen ser ambiguas, incompletas, desestructuradas y difíciles de verificar y modificar. El *usuario* es el artista y, a diferencia de lo que ocurre en el caso del *objeto-sistema* es el quien orienta y define su *objeto-símbolo* para convertirse en su propio «maestro

---

http://www.revistadepatrimonio.es/revistas/numero1/intervencion/estudios/_pdf/intervencion-experiencias.pdf, [Consulta: 21-12-2010].

[160] Brandi, *op. cit.*, p. 13.

armero»[161]. El desarrollo del *objeto-símbolo* puede estar a cargo de un equipo, especialista o incluso del propio artista con absoluta libertad; fuera del marco teórico, conceptual y formal del desarrollo de un *objeto-sistema*. A diferencia del P51, no existe ninguna garantía de que un *objeto-símbolo* sea bien-comportado, en términos funcionales: estabilidad, rendimiento, coste, espectativas tecnológicas, etc., como un *objeto-sistema*.

El *proceso*, objeto de Restauración por excelencia compuesto de código[162] y datos, tiene una característica muy especial: no es único. Múltiples códigos, con múltiples datos, pueden generar la misma *imagen*. El problema que se plantea es a qué nivel se garantiza esa conservación sin cometer una «falsificación artística». La definición algorítmica de un *proceso*, e incluso, la definición en término de su flujos de datos, es *genérica*; define *qué* hacer pero no *cómo*. Es la implementación del *proceso* quien requiere la elección de un leguaje, soporte, etc. y la asignación de un formato específico a los *datos*. Aún a este nivel, los lenguajes no se escriben directamente en *código de máquina*[163] sino en un conjunto de instrucciones, símbolos y reglas sintácticas y semánticas que definen su estructura y el significado de sus elementos y expresiones a menudo denominado *código fuente*. La conversión del *código fuente* a *código de máquina* se realiza mediante dos procesos: *compilación* y *enlace*[164]. Durante este proceso se

---

[161] El maestro armero era el responsable del mantenimiento y la reparación del armamento de su batallón. En ausencia de estandarización el maestro armero era un artesano creativo que construía (en cualquier taller de armería existía la forja) cualquier pieza rota de un arma.

[162] El *código*, en este contexto, está relacionado con el formato del *proceso*. Se podría decir que un *código* es la “materialización” o implementación de determinado *proceso*.

[163] Código binario que *corre* en el ordenador al más bajo nivel.

[164] La compilación la realiza una herramienta denominada compilador (*compiler* en inglés). El *compilador* es un programa de ordenador (o conjunto de programas) que transforman el *código fuente* escrito en un lenguaje de programación (el *lenguaje fuente*; por ejemplo C) en otro lenguaje de ordenador (el *lenguaje destino*, que tiene a menudo forma binaria y se conoce como *código objeto*). El *enlazador* (*linker* en inglés) es un programa que toma los archivos de *código objeto* generado en los primeros pasos del proceso de *compilación*, la información de todos los recursos necesarios (*biblioteca*; *library* en inglés), quita aquellos recursos que no necesita, y *enlaza* el *código objeto* con su(s) biblioteca(s) para producir, finalmente, un archivo *ejecutable* o una *biblioteca*. En el caso de los programas enlazados

produce la dependencia de lo inmaterial a lo material; el vínculo a una estructura, o estructuras, específica(s); la fecha de caducidad. La "materialización" del lenguaje provoca la ligazón a determinado *soporte* (HW/SW) e introduce la obsolescencia. Esta transcodificación pasa por la elección de uno o diversos procesadores digitales, sistemas operativos o programas de control, redes de comunicación, lenguajes y herramientas de desarrollo, periféricos, etc. y es, precisamente esto, lo que fallará o desaparecerá del escaparate tecnológico en el futuro (un ordenador, de hecho, tiene un ciclo de vida útil "artificial", "impuesto", de unos cuatro años con una fuerte tendencia a disminuir).

¿Qué mantiene realmente la esencia de la obra digital? ¿El *código fuente* (compilable para diversas arquitecturas o soportes) o el *código de máquina*? Obsérvese que, en ningún caso, existe influencia sobre el *aspecto*. Sin embargo, existe la tendencia no a *recompilar* el código para el nuevo *soporte* sino a correr el *ejecutable* sobre una *máquina virtual* que simula la vieja *estructura* en una nueva cuando el verdadero problema es la obsolescencia de la *estructura*; es lo que puede fallar, lo que envejece, lo que pierde soporte; a diferencia del código[165]. La *estructura*, salvo requerimiento expreso del artista o que forme parte del *aspecto*, es invisible; es un medio, no un fin y, por lo tanto, es susceptible de asimilar una intervención restauradora, incluso una *sustitución*.

La consideración del *soporte* como medio y no como fin se encuentra cercana a las prácticas de restauración arquitectónica, en la que "la restauración puede exigir la concurrencia de una materia diversa de la

---

dinámicamente, el *enlace* entre el programa *ejecutable* y las bibliotecas se realiza en *tiempo de carga* o *ejecución* del programa. *cfr*., Anexo B – Metodologías.

[165] Hofman, Vanina. Album inestable. Un acercamiento a la conservación del arte electrónico. *Arte Electrónico/Entornos cotidianos*, colección Papers per a Debat Nº 5, FUNDIT – Escuela Superior de Diseño ESDi, Sabadell, 2007; http://www.anaisafranco.com/album_inestable.pdf, [Consulta: 19-12-2010], p. 3. Que independientemente de su naturaleza permanecerá invariable. No es el código sino el soporte que lo contiene, donde se almacena, el que, tarde o temprano, fallará. "Sus partes dejarán de funcionar, se romperán, se atascarán o se quemarán".

original pero no menos auténtica en el papel que desempeña"[166]. O, en palabras de Antoni González[167]:

> La falsedad de un elemento (recuperado o conservado) no debe juzgarse por la cronología de su materia, sino por su fidelidad (forma, espacial, mecánica) a le esencia originaria. Son más auténticas un muro de carga o una bóveda que trabaja tal y como fue prevista originariamente, aunque todos sus ladrillos, mampuestos o dovelas sean nuevos.

Este caracter funcional del *soporte* es incluso menos grave en las intervenciones realizadas en piezas de arte digital donde no se altera el *aspecto* de la materia: la *estructura* transformada no repercute en el *aspecto*.

Las teorías de Restauración, excepto las funcionales, centran sus bases en la *materia* de la obra de arte. Sin embargo, el arte digital es procesual; solo una parte, que funciona como *estructura* y solo en algunos casos como *aspecto*, es materia activa. La materia del arte digital es normalmente un procesador (el ordenador por excelencia) que adquiere, contiene, procesa y genera información. Los *datos* (que representan la información) y los *procesos* (que transforman la información) son inestables, intangibles, inmateriales, virtuales.

El carácter dual *simbólico-funcional* de un bien le desdobla en *objeto-símbolo* y *objeto-sistema*. Los pilares sobre los que se fundamentan las teorías de la Restauración tradicional: *autenticidad*, *objetividad*, *universalidad* y *reversibilidad,* se tambalean. El arte digital es efímero, inestable, inmaterial, complejo, diverso. La obsolescencia en la «era digital» exige una estrategia de *conservación evolutiva* que prolongue la eficiencia del bien; que absorba el progreso tecnológico de manera natural.

---

[166] Noguera, Juan F. Restaurar ¿es todavía posible? *Loggia Arquitectura y Restauración*. 1996. No. 1, pp. 6-15, *cit.* en: Munoz Viñas, *Teoría contemporánea de la Restauración*, op*. cit.,* p. 88.

[167] González Moreno-Navarro, Antoni. Falso histórico o falso arquitectónico, cuestión de identidad. *Loggia Arquitectura y Restauración.* 1996, No. 1, pp. 16-23, *cit.* en Muñoz, *Teoría contemporánea de la Restauración, op. cit.,* p. 88.

Análisis multidimensional de la Restauración

Un acercamiento a la Restauración desde el punto de vista dimensional, mediante la introducción de la variable *tiempo,* manifiesta, como consecuencia que no causa, las cualidades esenciales del arte digital: *progresividad*, *inmaterialidad* y *reactividad*; así como todos los problemas *éticos* que derivan de ello. La obra, el bien u objeto de Restauración contemporáneo, es multidimensional; sin embargo la influencia de la dimensión tiempo, voluntaria o involuntaria, es lo que define el ciclo útil del objeto[168] y, por lo tanto, condiciona las estrategias de Restauración a corto y largo plazo. Las obras basadas en el tiempo son una muestra de introducción voluntaria de la dimensión temporal en la obra. La fotografía es, por ejemplo, bidimensional, solo espacial: una emulsión química sobre determinado material donde el tiempo transcurre involuntariamente con dimensión cero; sin embargo, el cine, donde se introduce voluntariamente la dimensión temporal es, como mínimo, tridimensional[169]. Este hecho tiene grandes consecuencias sobre el objeto. La primera es la *progresividad*. La segunda es la *inmaterialidad*[170]. La tercera es la *reactividad*. La cuarta es la *ética*; los problemas deontológicos que de ello derivan.

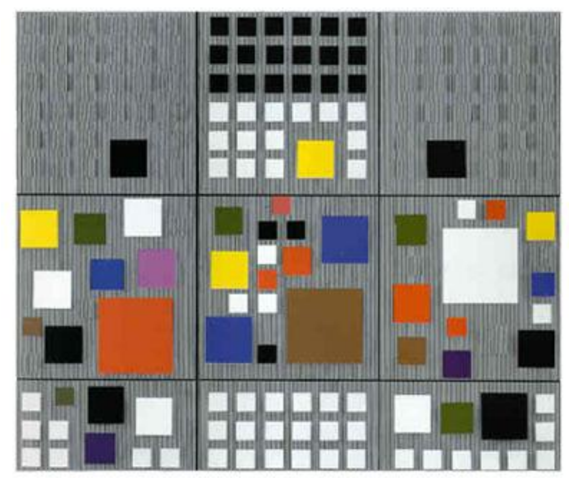
---

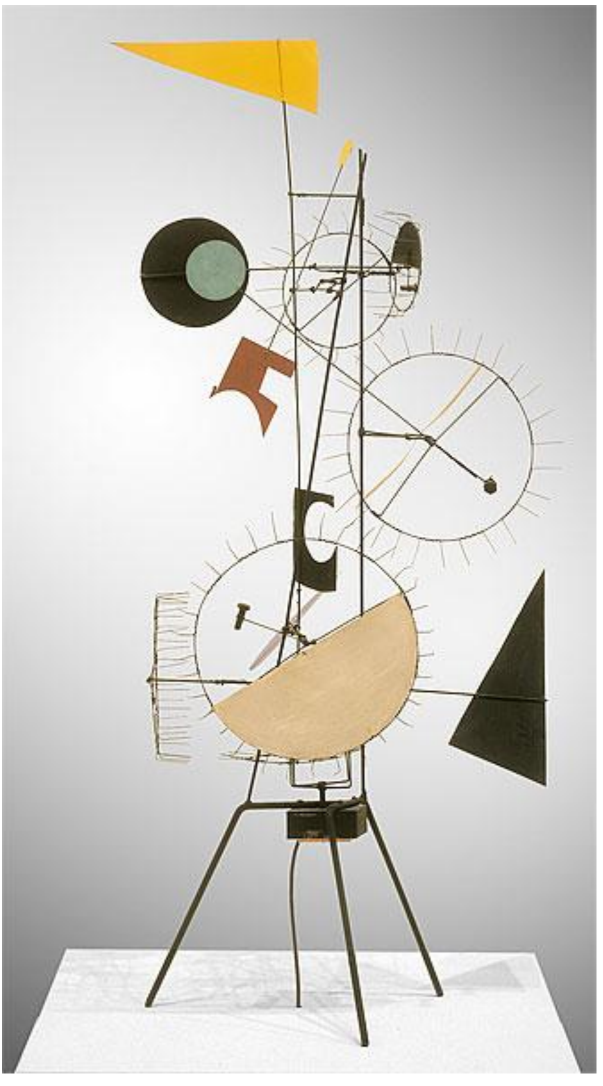
[168] El *ciclo útil del objeto* es un concepto funcional que corresponde al intervalo de tiempo en el que el objeto conserva su eficiencia. Otras referencias como *ciclo de vida* o *ciclo del objeto* están relacionadas con intervalos que van desde la creación del objeto hasta su destrucción o al ciclo de transferencia desde el material bruto inicial hasta el material bruto final tras un total deterioro, respectivamente.

[169] La pantalla donde se proyecta la imagen es bidimensional pero el sonido, normalmente considerado unidimensional, debería ser considerado tridimensional en cuanto se propaga en un volumen.

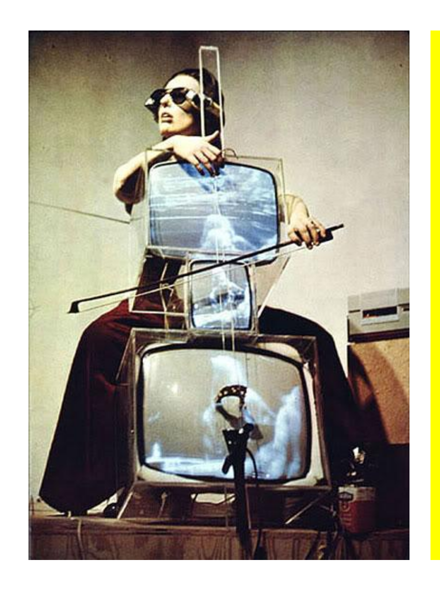
[170] Muñoz Viñas, Salvador. The artwork that became a symbol of itself: reflections on the conservation of modern art en *Theory and Practice in the Conservation of Modern and Contemporary Art* (Series of Publications by the Hornemann Institute), Archetype Publications Ltd; Bilingual edition, 2010, pp. 11-22. Para Muñoz Viñas el aumento de la complejidad del arte moderno se debe, fundamentalmente, a dos factores: la *performatividad* y la *intangibilidad*. En este documento ambos conceptos se referencian como *progresividad* (sucesión de acciones o procesos) e *inmaterialidad*, respectivamente.







35. La *progresividad* no está exactamente relacionada con el carácter estático/dinámico del objeto. El arte cinético es dinámico independientemente de la energía. **Izquierda**. Dos obras pasivas de Jesús Rafael Soto cuyo aspecto depende del punto de observación. **Derecha**. Una escultura activa de Jean Tinguely donde la percepción depende de ambas posiciones: la de las partes de la obra (cuyo movimiento requiere energía mecánica o cinética) y la del espectador.





36. En muchas obras de arte digital parte de la *imagen* es inmaterial. **Izquierda**. Nam June Paik. *Concierto para TV, violoncelo y cinta de vídeo*, *Première de TV-chelo*, 1971. Videoinstalación donde solo el conjunto escultórico es materia. **Derecha**. Jodi. http://404.jodi.org/, 1993. Captura de la imagen que se genera en la pantalla de un ordenador al conectarse al sitio web.

Toda materia es activa y se transforma según interactúa con el entorno, por el discurrir involuntario del tiempo, lo que justifica la Restauración tradicional. Sin embargo, se considera *pasiva* en cuanto independiente de un gasto energético para su epifanía (ya sea eléctrico, eólico, físico, químico, biológico, mecánico, hidráulico, neumático, etc. o cualquier combinación de ellos) y *activa* cuando requiere de tecnología y energía[171] para realizarse: manifestarse y alimentar el ciclo útil del objeto. La fotografía, en este sentido, es pasiva mientras que el cine, es una práctica activa. Es precisamente esta naturaleza activa del bien la que determina su carácter dual: *simbólico-funcional* (*símbolo-sistema*). Como *objeto-símbolo*, la obra es portadora de un mensaje estético, una imagen o *representación* artística, un valor simbólico, mientras que, como *objeto-sistema*, la obra debe cumplir determinados requisitos funcionales.

[171] La energía se relaciona con una capacidad para la realización de algo.




37. La *reactividad* es un tipo de *progresividad*. **Izquierda**. Edward Ihnatowicz. *SAM (Sound-Activated Mobile)*, 1968; Obra descontinuada creada especialmente para la exposición *Cybernetic Serendipity*. La escultura se movía en respuesta al sonido de los espectadores. **Derecha**. Una captura de Real Snail Mail (RSM), un proyecto de boredomresearch; http://www.boredomresearch.net/, [Consulta: 10-10-2010]. RSM utiliza caracoles vivos para transportar emails a través de un espacio físico.

La eficiencia del producto se desdobla. El bien es, estructuralmente, un sistema tecnológico que permite la manifestación, aspectualmente, del sistema simbólico. El cine, y posteriormente, la televisión, el vídeo, la radio, el post-cine (spots publicitarios, videoclips, etc.) e incluso la fotografía digital, son inmateriales, intangibles. La parte material del objeto, el *soporte*, provee la transducción a una *imagen* audiovisual inmaterial. El estímulo perceptual del bien, sin embargo, es intangible: ondas acústicas o luminosas que se propagan desde la fuente al receptor, señales unidimensionales, bidimensionales, tridimensionales que varían en el tiempo. El objeto de Restauración se libera de su materialidad[172].

[172] Lo que no excluye casos híbridos en que parte del objeto que funciona como *aspecto* es materia; tal es el caso de las videoinstalaciones.

La teoría y la ética de la Restauración tradicional se desarrollaron para bienes *materiales* pasivos (la propiedad fundamental del bien es la materia)[173]; sin embargo el objeto *activo* puede liberarse de su materialidad, desplazándola de la *imagen* al *soporte*[174]. El *arte digital*[175] o *arte de los nuevos medios*[176], agrupa un conjunto de prácticas contemporáneas procesuales[177], que no funcionales, lo que le otorga el carácter intangible, inmaterial y, en algún caso, virtual.

Sin energía el ciclo del objeto activo termina y con él, el bien. La *progresividad* genera una tensión *durabilidad-temporalidad*. Perdurar el ciclo del objeto requiere el mantenimiento artificial de la fuente energética cuyo soporte es material. Sin embargo en muchas prácticas del arte contemporáneo lo más importante no es el bien en sí, sino el *proceso*[178] para conseguirlo. Ha tenido lugar un desplazamiento de una cultura audiovisual industrial basada en la noción de producto final a una cultura hipertextual postindustrial que explora la diversidad de la forma y la conducta de los objetos y de los sistemas[179]. La *progresividad* exige que el bien haga algo, una acción. La *reactividad* requiere que el bien reaccione, de una forma u otra, a la instrucción, a la interacción o al propio entorno. La

---

[173] Brandi, *op*. *cit*., p. 13. Se entiende por restauración “cualquier actividad dirigida a devolver la eficiencia a un producto de la actividad humana”.

[174] García, Lino y Montero, Pilar. Conservación y Restauración de Arte Digital. 11ª *Jornadas de Conservación de Arte Contemporáneo*. Madrid: MNCARS, 2010.

[175] Wands, *loc. cit*.

[176] Rush, Michael. *Nuevas Expresiones Artísticas a Finales del Siglo XX*. Barcelona: Ediciones Destino, Thames & Hudson, 2002.

[177] Wilson, Stephen. *Information Arts: Intersections of Art, Science and Technology* (Leonardo Books). MIT Press, 2003. El núcleo arquitectónico de proceso está constituido, normalmente, por un ordenador, que transforma, almacena y genera información

[178] Paul, Christiane. Feedback: del objeto al proceso y sistema en *Feedback: Arte que responde a instrucciones, a inputs o a su entorno*. Gijón: LABoral. Centro de Arte y Creación Industrial, 2007, pp. 26-48.

[179] Jaschko, Sussane; Evers, Lucas & Laboral, Centro de Arte y Creación Industrial. *El proceso como paradigma*. Gijón: LABoral Centro de Arte y Creación Industrial, 2010.

dimensión temporal proporciona esa capacidad de *reactividad* o *realimentación*[180].

Las obras que ilustra la figura 37 son interactivas; el espectador activa *procesos* a través de determinado *interfaz*. Bruce Wands[181] dice: la etiqueta tradicional del museo y la galería tradicional de "Mira. No toques", no puede ser aplicada al arte interactivo que reclama la participación del espectador. Debería ser sustituida por "Mira. Por favor toca". Las obras representadas en la figura 38 no son reactivas sino el resultado de una realización o serie de procesos. La obra de Mondrian, de hecho, sugiere cierta factura procesual que Menezes implementa con procesos bacteriológicos vivos. *Progresividad*, *inmaterialidad* y *reactividad* tienen sendas implicaciones *estéticas*. La liberación de la materialidad, del aura[182], contradice el concepto de *autenticidad*: uno de los pilares de la Restauración tradicional. "La Restauración se presenta como la actividad encargada de garantizar que el objeto tratado se halle en su estado auténtico, real –en su *estado de verdad*–"[183]. El bien inmaterial no solo tiene manifestación potencial "infinita" sino, incluso, ubicua. Versionado debilita la noción de "falso histórico"[184]. Los valores auténtico/falso se decretan con mecanismos independientes del tiempo dejando a la *historicidad* en entredicho.

---

[180] Rellie, Jemina. Feedback/Feedforward en *Feedback: Arte que responde a instrucciones, a inputs o a su entorno*. LABoral. Gijón: Centro de Arte y Creación Industrial, 2007, pp. 50-61.

[181] Wands, *op. cit.,* p. 10.

[182] Benjamin, *op. cit.*, pp. 17-59. El arte digital es postaurático. La idea tradicional de unicidad de la obra artística en el arte digital, reproductible y alógrafo por naturaleza, carece de sentido.

[183] Muñoz, *Teoría de la Restauración Contemporánea*, *op. cit*., pp. 83-96. Sin embargo el estado de verdad, el auténtico, puede ser: el original, el que tenía en el momento de ser producido; el prístino, el que debería tener aunque de hecho no lo haya tenido nunca; el pretendido por el autor o el actual.

[184] El *falso histórico* se produce cuando una Restauración se convierte en una falsificación de la obra. El versionado o el reconocimiento de múltiples manifestaciones de la misma obra debilita la autoridad de la *autenticidad* como regulador del valor del bien y, con ello, la asociación estado del bien-momento histórico.



38. **Arriba**. Obra de Casey Reas generada con Dreamline: una máquina de dibujo generativa. **Abajo**. *Proyecto Decon* de Marta de Menezes: réplicas de pinturas geométricas de Piet Mondrian a través de métodos y materiales biotecnológicos.

Incluso es una práctica habitual exponer copias de las obras en lugar de sus respectivos originales[185].

Autenticidad

El concepto de *autenticidad* se puede cuestionar a través de La paradoja de Teseo, también conocida como *El barco de Teseo*, una paradoja de reemplazo que se pregunta si cuando a un objeto se le reponen todas sus partes, este sigue siendo el mismo.

> Según una antigua leyenda griega, el barco en el que volvió Teseo desde la isla de Creta, después de vencer al Minotauro, fue conservado durante muchos años por los atenienses que sustituían las tablas deterioradas por otras nuevas. Los filósofos griegos se preguntaban si el barco continuaba siendo el mismo o si había cambiado.

Mientras el barco sea un *objeto-sistema* el objetivo de las intervenciones (reparaciones) es devolver su eficiencia funcional; sin embargo, cuando adquiere valor y se convierte en *objeto-símbolo*, el propósito de las actuaciones sobre el bien es restablecer (Restaurar) su valor simbólico que, para la Teoría contemporánea, consiste en:

> (…) poner a punto el objeto tratado para que pueda ser útil como símbolo o como documento mejor de lo que hace ahora (…) Así se puede afirmar que la teoría contemporánea de la restauración es primordialmente funcional[186],

---

[185] En los protocolos desarrollados por la TATE de Londres, dentro del proyecto *Media Matters,* http://tate.org.uk/research/tateresearch/majorprojects/mediamatters/acquisitions/, [Consulta: 15-5-2009], se prevé conservar tres copias distintas: una copia máster para el archivo (*Archival Master for Media Works*), que es la copia que el museo adquiere de la copia máster del artista, en su formato original o en otro formato; la copia de conservación (*Preservation Copies for Media Works*), que da al museo el derecho, en caso de necesidad de reproducir de la copia y de volcar la obra en un nuevo formato para garantizar su conservación; por último, la copia de exposición (*Exhibition Copies for Media Works*), con la que el artista o propietario de la obra transfiere al museo el derecho de hacer una copia para la exposición, además del derecho de duplicar la obra en caso de préstamo.

[186] Muñoz, *Teoría de la Restauración Contemporánea, op. cit.,* p. 159.

justifica cualquier operación en el *soporte*, incluso en la *estructura* (incluido *procesos* y *datos*). En consonancia con esto, una obra de arte digital deberá *funcionar* sin fallos, ni imprevistos, siempre que se requiera[187]. Solo así es posible contemplar su *imagen*. La identidad, "lo mismo", está en la *imagen*. La *imagen* inmaterial tiene, técnicamente, un número incontrolado de réplicas cuantificable solo en la medida en que se gestionen mediante contratos, series, versiones, etc.

Una obra de arte en la red (como 404 de Jodi), es visible desde cualquier lugar, en cualquier momento; solo es necesario un ordenador con conexión a Internet[188] y un terminal. El "aquí y ahora" es reemplazado por el "dondequiera y cuando sea". El propio concepto de *unicidad* de la obra de arte digital, sobre el cual se construye la *autenticidad*, debe ser visto desde una perspectiva actual en que la terminología clásica: *original*, *copia* y *réplica*[189]; adquiere nuevos significados. Si "original" es una "obra de arte de la que se han hecho copias" y "copia" es la "repetición de una obra de arte por otra mano que la del autor original con intención de conseguir un grado máximo de semejanza" en arte digital se estaría hablando de ediciones, "réplicas" o "versiones", entendiendo por estas aquellas otras realizadas por el mismo autor que el original. El arte digital es o puede ser experimentado "simultáneamente" en el tiempo y en el espacio. La interacción con las obras se produce de manera distinta, lo que provoca, en palabras de Michael Rush que la imagen se vuelva "infinitamente maleable"[190].

---

[187] La naturaleza cambiante del arte contemporáneo ha hecho indispensable una reflexión profunda sobre su conservación: la evidencia de que algunas de sus manifestaciones no se hacen para perdurar, como es el caso del arte efímero, o de que priman los aspectos inmateriales, como en el arte conceptual, nos conduce a interrogarnos sobre qué es lo que debemos conservar.

[188] Sin ninguna garantía de mantener el *aspecto* en términos objetivos: tamaño, color, brillo, saturación, cualidad espectral, timbre, etc.

[189] Fatás, Guillermo y Borrás, Gonzalo M., *Diccionario de Términos de Arte y elementos de Arqueología y Numismática*, Madrid: Alianza Editorial, 1980.

[190] Rush, *op. cit.*, p. 168. "Los artistas pueden ahora introducir nuevas formas de «producción», no de «reproducción»".

CERTIFICATE

This is to certify that the Sol LeWitt wall drawing number 541 evidenced by this certificate is authentic.

Wall Drawing #541
On each of four walls, a tilted form with color ink washes superimposed.

Color ink wash
A First wall: The background is GG –Left plane: YRY; right plane: YBY; bottom plane: BRB;
B Second wall: The background is YY.
Left plane: GBG; right plane: RGG; top plane: YGR
C Third wall: The background is RR.
Left plane: GBB; right plane: RYG; bottom plane: GGY;
D The background is BB. Left plane: GYB
right plane: GRR; top plane: YGY;
First Drawn by: Antoine Bonhomme, Bruno Rousselot, Anthony Sansotta
First Installation: Galerie Yvon Lambert, Paris France. September, 1987
Key: Red = R; Yellow = Y; Blue = B; Gray = G

This certification is the signature for the wall drawing and must accompany the wall drawing if it is sold or otherwise transferred.

Certified by Sol LeWitt

Sol LeWitt

© Copyright Sol LeWitt

Date

39. Sol Le Witt. *Wall Drawing #541*, 1987. Certificado de autenticidad del VMFA (Virginia Museum of Fine Arts). La *autenticidad* en las prácticas alógrafas se establece cuando "se logra una identificación definitiva de la obra independiente de la historia de su producción"[191].

---

[191] Goodman, Nelson. *Los lenguajes del arte: Una aproximación a la teoría de los símbolos*. Barcelona: Paidós, 2010, p. 118.

Universalidad

El valor patrimonial del objeto, la *universalidad*, no depende de sus dimensiones sociales, históricas o políticas, originalidad o funcionalidad; incluso de su eficiencia simbólica, sino de criterios formados "casi exclusivamente en la tradición altocultural occidental"[192]. El arte digital es prácticamente patrimonio exclusivo de sociedades industrializadas o postindustriales; extender su eficacia simbólica a la "práctica totalidad de la humanidad" resulta excesivo, mucho más, cuando son bienes, con la tecnología como denominador común, que además no han resistido el paso del tiempo.

Reversibilidad

La *reversibilidad*, uno de los pilares de las teorías clásicas de Restauración, se basa en la capacidad de retirar cualquier *material* (*materia*; denominada habitualmente *residuo*) añadido durante el proceso de Restauración. Esta capacidad de devolver los objetos a un estado definido, incluso en determinado «grado» es, como poco, demasiada exigente y utópica[193]. Los *procesos* en el arte digital, además de intangibles, no son reversibles, algunos incluso impredecibles por lo que la *reversibilidad* simplemente carece de sentido. No se actúa sobre el *aspecto,* generalmente inmaterial, sino sobre la *estructura* (donde solo es materia el *soporte*) normalmente carente de valor simbólico. No existe además una relación unívoca entre estructura (compuesta por *soporte*, *procesos* y *datos*) e *imagen*, sino una correspondencia de «muchos a uno»[194]. Como en cualquier herramienta ofimática es posible *deshacer* cualquier cambio blando (software; lo que en inglés se conoce como *undo*) en un determinado número de niveles pero esto es irrelevante en cuanto requiere mutar y adaptarse a nuevas tecnologías.

---

[192] Muñoz, *Teoría contemporánea de la Restauración*, *op. cit*., p. 121.

[193] Muñoz, *Teoría contemporánea de la Restauración*, *op. cit*., pp. 107-115.

[194] Es posible conseguir la misma *imagen* desde una combinación teóricamente infinita de *soporte*, *procesos* y *datos*.

Objetividad

La *objetividad* se puede medir y cuantificar en términos de error: la desviación de determinados parámetros objetivos respecto de una “referencia”. No existe “falso histórico”. La subjetividad queda en el ámbito de las decisiones pero, siempre que exista una “referencia” inmaterial habrá un “estado de verdad” objetivo. Un buen criterio para decidir acerca del valor de “esa” referencia (estado actual, anterior o prístino según criterio) podría seguir el principio de “La navaja de Occam”[195]. Sin embargo la o*bjetividad* no garantiza, de ninguna manera, *autenticidad*.

Historicidad

La *historicidad* está relacionada con el concepto de *bien de valor histórico* o *calidad histórica*; es decir, que es relativo o parte de la historia. Algo que, para la Restauración puede ser entendido como “la perpetuación del objeto-como-prueba (..) como base para el estudio y la investigación”[196]. Sin embargo, apunta Muñoz Viñas, “los objetos que poseen este último valor podrían denominarse más acertadamente *objetos historiográficos*”[197] y

---

[195] En la *videoinstalación 6 TV Dé-coll/age*, por ejemplo (*cfr.*, Capítulo IV – Caso de Estudio), se dispone de un vídeo grabado en VHS, un dispositivo de reproducción y un televisor que genera la *imagen* por cada canal (6 canales). La decisión más simple es mantener la *imagen* en el estado actual; que depende de la cantidad de horas de exposición del televisor (probablemente diferente para cada uno). También se podría “calibrar” previamente el televisor, con una carta de ajuste, y obtener esa *imagen* como referencia (sería lo más próximo al estado prístino), o encontrar un televisor “nuevo” (con muy pocas horas de uso y exactamente igual) o “ajustar” la *imagen* a unas condiciones subjetivas determinadas (una especie de “calibración subjetiva”). Es muy difícil, casi imposible, encontrar un televisor “nuevo” (o de muy pocas horas de desgaste) del mismo modelo, año, etc. que el original y, además, estéril. No existe ninguna garantía que un televisor se comporte idénticamente igual a otro. Todas sus partes envejecen de manera particular. La única forma de “garantizar” determinada calidad perceptual en la imagen es a través de un proceso de calibración objetivo. En ese caso la carta de ajuste proporciona la referencia. Es necesario tratar el problema desde una perspectiva holística.

[196] Keene, Suzanne. Objects as systems: a new challenge for conservation, en Oddy, A. (Ed), *Restoration Is It Acceptable?* Londres. British Museum, 1994 *cit.* en Muñoz, *Teoría contemporánea de la Restauración*, *op. cit.*, p. 30.

[197] Muñoz, *Teoría contemporánea de la Restauración*, *op. cit.*, p. 30.

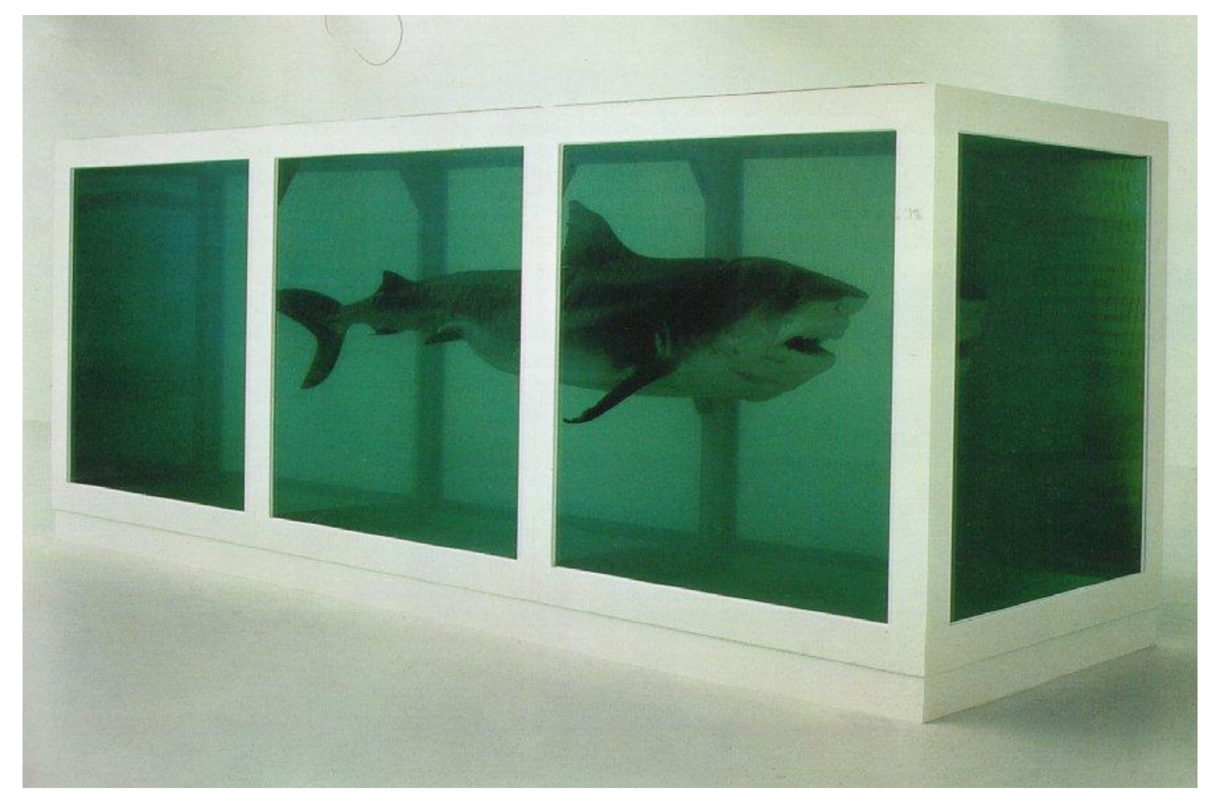
todos los objetos tienen valor historiográfico de forma intrínseca y escencial. Ya se trate del concepto de *objeto histórico* o *historiográfico* su valor como descritor del objeto de Restauración es muy impreciso. Lo que hoy se considera de valor histórico pudo ser en otro momento, simplemente, de valor utilitario. En un bien intangible solo el *soporte* puede tener valor histórico, pese a que su valor en un bien es fundamentalmente utilitario. La *imagen* se crea y se destruye un número determinado de veces durante el ciclo útil del objeto.

Integridad

El carácter holístico del bien debilita la noción de *integridad*. Las técnicas de Restauración tradicionales como limpieza, sustitución, adición, reintegración, recomposición, etc. pierden su connotación; fundamentalmente porque están relacionadas solo con la restauración de la materia. La reintegración no es necesaria porque no se romperá la unidad potencial de la obra (el *aspecto*). La *estructura* es reintegrable, en cuanto al fallo o mal funcionamiento de sus partes, pero no es *visible* ni *indivisible*. No existen *lagunas* como interrupción del tejido figurativo ni reintegración sin lagunas. La *integridad* se establece en términos de todo o nada. La veracidad se cualifica en términos de cercanía/lejanía de la *imagen* respecto a determinada "referencia".

Durabilidad

No se puede conservar un proceso sin pausarlo. La *durabilidad* del bien no está en manos del conservador sino que depende, en primer lugar, del artista. Solo es posible hablar de *durabilidad* bajo la premisa de un deseo expreso del autor o predisposición positiva ante la no destrucción del bien o por la obligación que exige la Ley de Patrimonio. La tensión entre propiedad intelectual y patrimonial y la naturaleza transdisciplinar de las actividades relacionadas con el bien: *documentación*, *exhibición*, *preservación*, *conservación* y *restauración*, así lo exigen. En definitiva, los pilares básicos sobre los que se construye la Teoría de la Restauración de bienes materiales poco valor tienen cuando se trata de bienes intangibles.



40. Damien Hirst. *The Physical Impossibility of Death in the Mind of Someone Living,* 1991. El tiburón, de algo más de cuatro metros de longitud, suspendido en un tanque transparente de aldehído fórmico, se deteriora rápidamente por culpa de la conservació que realizó el artista británico en 1991. Sin embargo Larry Gagosian, de la Galería Gagosian, de Londres, que actuó como intermediario en la venta de la instalación al empresario estadounidense Steve Cohen por 9.5 millones de euros, declaró a *The Art Newspaper* que "el tiburón es una obra conceptual y el hecho de sustituirlo por otro de igual tamaño y aspecto no altera la pieza". Oliver Crimmen, responsable de la conservación de los peces del Museo de Historia Natural de Londres, considera que el artista debió de haber utilizado una solución con base de alcohol en lugar de formol.

Las actividades relacionadas con la protección del bien dependen, igualmente, de la influencia involuntaria del tiempo. La *conservación* y la *restauración* son, desde el punto de vista patrimonial, el conjunto de intervenciones dedicadas a *mantener* un bien (producto de actividad humana) para el futuro, y a *devolver* su eficiencia y originalidad, respectivamente; ambas actividades a largo plazo. La *exhibición*, por otra

parte, comparte muchas de las actividades de conservación a corto plazo. Toda conservación es preventiva: mantiene el bien en su estado actual (con cierta tendencia a su estado inicial, histórico, ideal o preferido por el artista) y evita daños posteriores. Sin embargo se habla de *conservación preventiva* en referencia a las actividades de *preservación* en las que se interviene sobre el entorno, lo externo, y no directamente sobre el bien. En el apartado I del Código ECCO[198] se explicita que:

> (…) la conservación preventiva consiste en la acción indirecta para retardar el deterioro y prevenir el daño, creando las condiciones óptimas para la preservación del patrimonio cultural mientras sea compatible con su uso social.

Los objetivos de la *preservación* son a largo plazo. Para Brandi:

> El reconocimiento de la obra de arte (...) constituye la base de cualquier comportamiento futuro referido a la obra artística como tal. (...) Esta exigencia que el reconocimiento de la obra de arte impone a quien la acepta así, se plantea como imperativo categórico y también moral, y es ese mismo planteamiento como imperativo lo que determina el ámbito de la restauración preventiva como tutela, defensa frente a cualquier peligro, seguridad de unas condiciones favorables[199].

Pero la *conservación preventiva* (*preservación*) en el contexto del arte digital, está directamente relacionada con la *disponibilidad* de una obra: el aquí y ahora. La *preservación* evitará sorpresas, errores, y garantizará la *exposición* de la obra de arte digital cada vez se requiera y durante el tiempo necesario. Ello puede requerir, incluso, una documentación de *puesta en marcha* o arranque específica.

Las actividades relacionadas con la *documentación*, sin embargo son mucho más complejas. La *documentación* se ha liberado del documento al

---

[198] La Confederación Europea de Organizaciones de Conservadores-Restauradores aprobó en su Asamblea General en Bruselas el 1 de marzo de 2002 un documento en el que se recogen las definiciones de conservación, restauración y documentación. La misma asamblea aprobó en marzo de 2003 y en abril de 2004, dos documentos en los que quedan recogidas las directrices profesionales o código ético de la profesión.

[199] Brandi, *op. cit.*, p. 56.

procesamiento de la información: la biblioteconomía, la archivística, la propia documentación en sí y la museología. El bien contiene información y, no siempre pero no menos importante, sus procesos asociados. La *conservación informacional* [200] y *operacional*[201] orientan sus actividades a la conservación de la información deliberadamente registrada sobre el objeto y, por lo tanto, son susceptibles de considerar en el ámbito de la *documentación*. Ambas teorías son más apropiadas a objetos basados en el tiempo donde el soporte carece de valor simbólico: sonido, video, cine, etc. Se podría hablar de *conservación basada en objetos*, parafraseando las técnicas de programación basada en objetos. El objeto es una instancia de una descripción formal de información o metadatos (*documentación*), propiedades (*datos*) y métodos (*procesos*), ordenada en conjuntos modulares: la *clase*.

La *documentación*, así como la necesidad de garantizar y facilitar cualquier intervención de restauración futura, es el denominador común entre ambos mundos: arte no digital, arte digital. Muy pocos artistas documentan el proceso generativo de su obra. No lo necesitan o no saben; al menos en los términos útiles para la Restauración. Sin embargo, la documentación aporta las claves necesarias, aunque no las suficientes, para el diseño de un plan de intervención apropiado. La documentación de una obra de arte digital puede incluso llegar a formar parte de la obra[202].

Los cuestionarios que deben cumplimentar los artistas, como parte de la documentación de la obra, son muy importantes en cuanto aporten todos los aspectos relativos a la Restauración de sus obras. La Restauración del arte digital exige formación tecnológica y, no en menor medida, el conocimiento de procedimientos que provienen de las denominadas ciencias blandas: documentación, entrevistas, etc.

---

[200] Muñoz, *Teoría contemporánea de la* Restauración, op*. cit.,* p. 72.

[201] Brock-Nannestad, George. The rationale behind operational conservation theory. *Conservation Without Limits, IIC Nordic Group XV Congress*, Helsinki, August 2000, pp. 21-33.

[202] Metadatos adosados al proceso que definan el propio proceso, transformaciones, etc.

La Red de Medios Variables[203] (en inglés Variable Media Network) puesta en marcha por el Guggenheim propone un paradigma según el cual los artistas definen su trabajo "independientemente del medio" y ofrece como herramienta el denominado «cuestionario»[204] que:

> Consiste en prepararse para la obsolencia de la tecnología efímera animando a los artistas a prever los posibles formatos aceptables que su trabajo puede adoptar en el futuro. Recopila información para cada artista sobre el modo de traducir la obra a nuevos soportes una vez que el software y el hardware queden obsoletos.

Obsérvese que la preparación para el cambio debido a la obsolescencia se centra fundamentalmente en la *migración*. Según Jon Ippolito[205], la institución debe:

> Reconocer cuándo una adquisición ha sido creada o realizada sobre un medio variable. En algunos casos (…) la variabilidad del medio es intrínseca a la intención del artista. Cosa que otras veces, como en la mayoría de las esculturas

---

[203] *Vid.,* nota 63. Proyecto coordinado por Jon Ippolito, Associate Curator of Media Arts, *Solomon R. Guggenheim Museum*; Assistant Professor of New Media, *The University of Maine*; Co-director, Still Water for network art and culture; Alain Depocas, Director of the Centre for Research and Documentation (CR+D), *Daniel Langlois Foundation* y Caitlin Jones, Daniel Langlois Variable Media Preservation Fellow at the *Solomon R. Guggenheim Museum*. La *red de medioa variables* es un grupo de trabajo fundado por *Berkeley Art Museum/Pacific Film Archives*, Berkeley; *Franklin Furnace*, New York; *Guggenheim Museum*, New York; *Daniel Langlois Foundation for Art, Science, and Technology*, Montreal; *Performance Art Festival + Archives*, Cleveland; *Rhizome.org*, New York; *Walker Art Center*, Minneapolis. Probablemente, su logro más visible, que no el más importante, fue la elaboración de una herramienta informática, en el otoño de 2003, en la forma de un cuestionario interactivo, ligado a una base de datos, diseñado para ayudar a artistas, conservadores y especialistas sobre los posibles problemas para tener en cuenta a la hora de exhibir y conservar una obra de *New Media*. El propio Ippolito señala que "el cuestionario no es tanto una investigación sociológica como un instrumento para determinar cómo a los artistas les gustaría que su trabajo fuera recreado en el futuro llegado el caso".

[204] El Periódico Heróico: Historia, mitología, y primeras reflexiones sobre la conservación y venta de net.art. *Una propuesta. No conservamos la obra sino su ADN.* http://www.hamacaonline.net/upload/recursos_teoricos/periodoheroico.html, [Consulta: 21-12-2010].

[205] Ippolito, *El museo del futuro: ¿una contradicción en los términos?*, *loc. cit*.

fluorescentes o páginas web, no es intencional y es consecuencia del hecho de que las condiciones en que la pieza ha sido originariamente creada, no existirán algún día.

Contactar con el artista para determinar si la pieza tiene fecha de caducidad. Robert Rauschenberg, por ejemplo, considera sus performances de 1960 obras efímeras, con lo cual no pueden ser reproducidas. Robert Morris, por el contrario ha vuelto a representar sus performances del mismo periodo durante las décadas posteriores - con, por supuesto, un reparto y atrezzo diferente, (…)

Entrevistar al artista y a cualquier otra persona involucrada en la producción original de la pieza para recoger la mayor cantidad de información posible acerca del grado de flexibilidad del proyecto. ¿Puede un trabajo existir al mismo tiempo en dos lugares distintos? Un Trabajo de Félix González-Torres puede; uno de Donald Judd no. (…)

Adquirir cualquier tipo de documentación u objeto, incluidas medidas, notas, fotos, e imágenes en movimiento, que pueda ser de ayuda para la recreación de la pieza en futuro. El Whitney Museum posee un video de Barry Le Va haciendo una de sus piezas, de esta forma, podrán recrear la instalación en el caso en que el artista no pueda hacerlo.

Hacer que esta documentación sea accesible a cualquier interesado en reproducir la obra. De esta forma, el museo tendría la opción de conservar el sentido original que el artista había impreso a todas las obras y performances.

Ippolito utiliza *reproducción* y *recreación*, en un sentido más próximo al *versionado* y no a la estrategia de *recreación* propuesta por mí. El grado de *flexibilidad* del proyecto permitirá valorar la estrategia más adecuada a seguir en las condiciones *actuales* de la intervención. El *cuestionario*, independientemente del valor documental que aporta a la obra vincula al artista con los procesos de Restauración de su trabajo, le exige una definición de su obra ajena al medio que utiliza, hecho inédito en la Restauración tradicional, a la vez que documenta la voluntad expresa del artista cuando esto es posible; en una suerte de testamento.

En el proyecto *Inside Installation*[206] (Preservation and Presentation of Installation Art), una iniciativa europea similar en la búsqueda de técnicas de

---

[206] *Vid*., nota 19. Proyecto coorganizado por: *Netherlands Institute for Curtural Heritage*, Amsterdam (coordinador del proyecto: *Instituut Collectie Nederland*, ICN); *Tate*, Londres;

conservación adecuadas al arte contemporáneo, se investigaron, re-instalaron, exhibieron y documentaron 33 casos de estudio de instalaciones basado, en la mayoría de los casos, en entrevistas y consultas al artista con el fin de detectar las necesidades y establecer unas guías para salvaguardar las instalaciones para futuras generaciones y crear un manual de recomendaciones o "buenas prácticas" útil en una serie de actividades como: B1 Preservación, B2 Participación del artista, B3 Documentación, B4 Teoría y semántica y B5 Gestión del conocimiento e intercambio de información.

El cuestionario es una metodología de documentación *a posteriori*, desarticulada de la concepción del objeto, sin posibilidad de interactuar en su *producción* pero sí quizá, en dependencia del *grado de flexibilidad del proyecto*, en futuros versionados.

Desde el punto de vista dimensional se podría decir que la *preservación* y la *documentación* tienen como objetivo igualar a cero la dimensión temporal. El *aislamiento*, es una técnica de *preservación* que minimiza el efecto del entorno: el intercambio energético. La *plastinación*[207], por ejemplo, aísla la materia para impedir su descomposición. La *congelación*, sin embargo, es una técnica de *documentación* que detiene el ciclo de vida del objeto, anula la dimensión temporal de manera planificada, paraliza el proceso y traslada parte de su valor simbólico al testimonio[208]. La

---

S.M.A.K., Ghent; *Restaurierungszentrum der Landeshauptstadt Düsseldorf*, Düsseldorf; *Foundation for the Conservation of Contemporary Art* (SBMK), The Netherlands y el *Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía* (MNCARS), Madrid y financiada por el programa *Culture 2000* de la Comisión Europea.

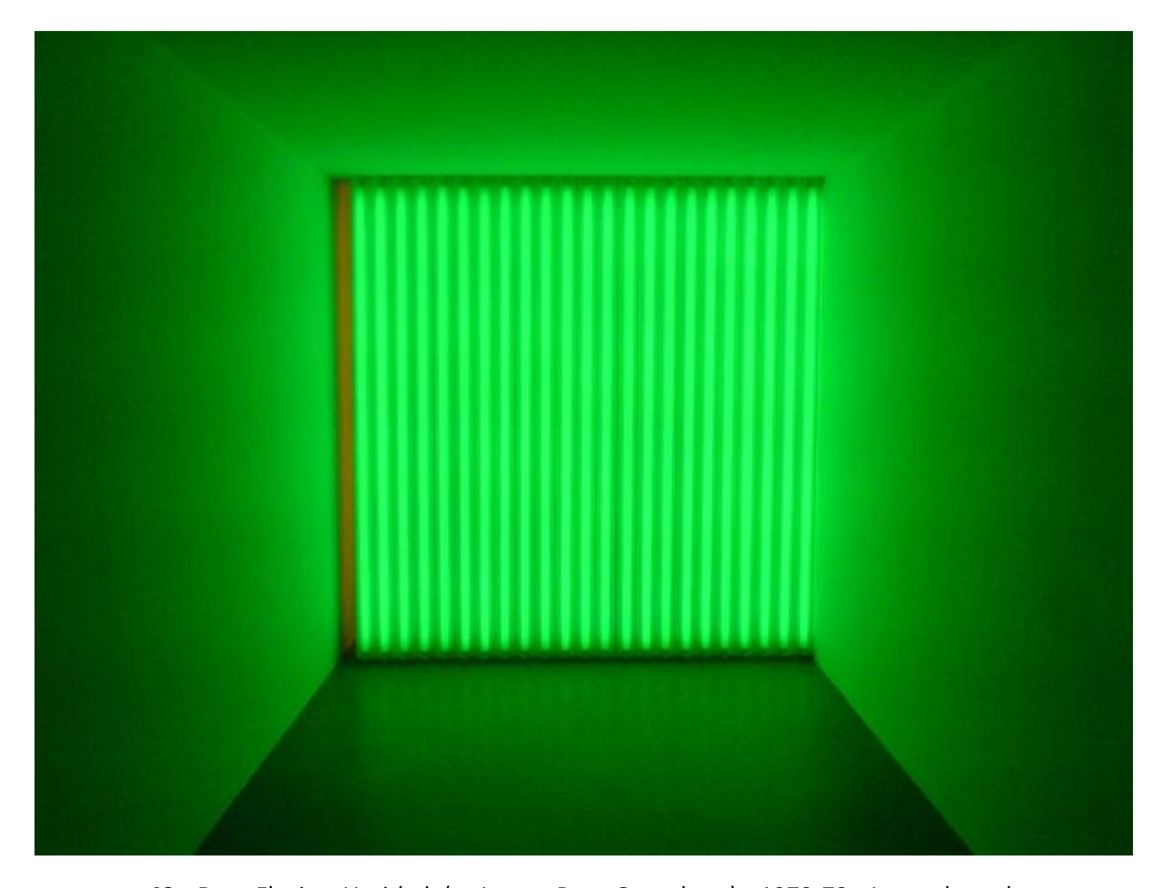
[207] Procedimiento técnico de preservación de material biológico, desarrollado por Gunther von Hagens, que consiste en extraer los líquidos corporales, como el agua y los lípidos, por medio de solventes, como acetona fría y tibia, para luego sustituirlos por resinas elásticas de silicona y rígidos de epóxicas.

[208] González Mozo, Ana y Macarrón Miguel, Ana María. *La Conservación y la Restauración en el Siglo XX*. Madrid: Editorial Tecnos, 2004, pp. 205-206. "La documentación puede convertirse en el objeto perdurable que represente al original". "El carácter de la documentación debe ser exhausto, ya que en muchas ocasiones esta documentación se convierte en el soporte definitivo de las obras momentáneas". La obra SAM ha dejado de estar operativa. En su lugar se exhiben vídeos documentales del bien. La captura de la imagen de le obra 404 de Jodi es resultado de la congelación.

congelación provoca una sinécdoque: se utiliza una *parte* del bien para representar el *todo*.



41. Antoine Pevsner. *Retrato de Marcel Duchamp*, 1926. Nitrato de celulosa sobre cobre y hierro. La obra en el estado actual presenta este nivel de deterioro. El nitrato de celulosa es altamente inflamable e inestable por encima de determinada temperatura.



42. Dan Flavin. *Untitled* (a Jan y Ron Greenberg), 1972-73. Los tubos de fluorescentes y de neón que utilizó Flavin en sus instalaciones ya no se fabrican. Los coleccionistas apagan las obras para conservarlas con el máximo cuidado posible, como si de un fresco renacentista se tratara; y lo que era una mera forma de conseguir recambios es hoy la única forma de asegurar la autenticidad de cada obra y conjurar su aura artística, que reside ahora tanto en el diseño y la luz como en un papel.

Conviene anticipar la *conservación evolutiva* como un mecanismo de adaptación artificial al entorno a largo plazo que absorbe la mutación temporal de la obra. No solo requiere sino que condiciona la evolución del *soporte* que funciona como *estructura* sin alternar la *imagen* del bien que funciona como *aspecto* útil, fundamentalmente, para bienes sensibles a la obsolescencia tecnológica (concepto que traspasa las fronteras del arte digital hacia las del arte contemporáneo). La multidimensionalidad del arte condiciona las actividades relacionadas con la transmisión al futuro del bien (*durabilidad*) ya sea a corto o largo plazo. El propio concepto fuerza a

minimizar la acción involuntaria de la cuarta dimensión a pesar de los efectos colaterales de su introducción voluntaria (*temporalidad*). La solución a esta tensión, hacia el fin-hacia el principio, se traduce en decisiones transdisciplinares [209]: "[La teoría contemporánea de la Restauración] No alienta más revolución que la que es comúnmente sentida: La revolución del sentido común".

Estrategias de Restauración

A pesar de que son muchas las personas implicadas en la conservación del arte contemporáneo son pocas realmente las estrategias de supervivencia para el arte digital y, realmente, no son exclusivas a esta categoría[210]. El proyecto *variable media nertwork*[211] definió cuatro estrategias básicas para hacer frente a la obsolescencia de un medio particular según el paradigma de los *medios variables*:

Sustitución. Solo si se dispone del elemento de repuesto necesario es posible sustituirlo. Esta estrategia, también conocida como *almacenamiento*[212], es la más elemental y consiste en acumular la mayor cantidad de equipos, correspondiente a determinada tecnología, para garantizar su disponibilidad en caso de rotura o reposición por desgaste. Eficaz a corto plazo pero inapropiada según aumenta la velocidad de obsolescencia de determinada tecnología y notoriamente mala para capturar aspectos contextuales de las obras lo que la hace inservible para el *arte en la red*, por ejemplo.

Esta estrategia tiene algunas variantes como el *refrescamiento* que consiste en la transferencia periódica de la información digital de un medio en peligro de obsolescencia al medio mejor adaptado. La *restauración*, que

---

[209] Muñoz, *Teoría Contemporánea de la Restauración*, *op. cit.*, p. 178.

[210] Por lo que es frecuente sus referencias al *new media art* en general.

[211] *Vid.*, nota 63.

[212] La sustitución exige la acumulación o almacenamiento de las partes o del todo con riesgo de obsolescencia.

limpia o repara un archivo o dispositivo cuando una nueva versión sustituye o reemplaza la original. El *almacenamiento en red* que utiliza ordenadores enlazados[213] por un bucle de datos persistente que mantiene archivos críticos en circulación o como múltiples copias clonadas sobre varios discos duros. La *sustitución* respeta la integridad perceptual del objeto de Restauración pero tiene fecha de caducidad programada. No representa ningún avance respecto al efecto de la obsolescencia, más bien lo retrasa. Es una solución a corto plazo para un problema a largo plazo basada exclsuivamente en la redundancia.

Migración. La *migración* consiste en actualizar el *formato* de una obra de un *medio* antiguo a uno actual[214]. Por ejemplo, la transcodificación de VHS a DVD[215]. El DVD utiliza codificación MPEG2[216]. La degeneración o pérdida de calidad según aumenta la generación de la migración aumenta exponencialmente. Una *migración* de tercera o cuarta generación probablemente no satisfaga los mínimos de calidad exigidos por el artista o una percepción "adecuada" de la imagen. Este problema se acentúa cuando no es posible una evaluación contrastada y presupone la pérdida de calidad en aras de mantener la integridad del original. La *migración* asume que conservar el contenido o información de una obra de arte, a pesar de su cambio de medio, es más importante respecto a la fidelidad de su aspecto y percepción.

[213] La *computación en nube* (*cloud computing*) basada en servicios ofrece una oportunidad especial para la distribución de copias o clones de información a lo largo del mundo. Este tipo de arquitectura ofrece servicios de almacenamiento que garantizan la protección de los datos a catástrofes naturales, incluso sociales.

[214] En este sentido el *refresching* tiene mayor relación con la *migración* que con el *almacenamiento*.

[215] Para garantizar mayor calidad normalmente se utilizan formatos de conservación, que no de distribución, sin pérdidas.

[216] Formato de compresión perceptual con pérdida de información.

Emulación. La *emulación* es un proceso de simulación de una plataforma[217] obsoleta en una nueva. El interés de esta estrategia es mantener viva una obra aún cuando su medio original quede obsoleto. Se suele considerar *emulación*, a diferencia de *migración*, solo en aquellos casos en los cuales se conserva el código original subyacente en la obra de arte. El "programa" de *emulación*, desde este punto de vista, es una especie de *máquina virtual* que emula el comportamiento de una antigua y es capaz de ejecutar el mismo código en un soporte nuevo[218].

La *migración* supone repetición según se desarrollen nuevos formatos mientras que esta continuidad, en la *emulación*, es solamente responsabilidad de una *máquina virtual*. Considerar una *maquinaria virtual*[219], en lugar de *máquina* simplemente, amplia el horizonte de la *emulación*, incluso con mayor potencia. En ambos casos es imprescindible que la velocidad de actualización, *migración*, del soporte virtual sea lo más lenta posible; esta es una de las propiedades con mayor incidencia en la resistencia al paso del tiempo; y unas garantías de soporte y mantenimiento a largo plazo. Otra propiedad no menos importante es la implementación[220] de una arquitectura con una capacidad de absorción muy alta de cualquier tecnología. Por ello la importancia de trabajar en entornos abiertos (en términos de interconexión de sistemas), estandarizados, y herramientas de

---

[217] Entiéndase por plataforma el soporte tecnológico que constituye el medio de la obra. Puede ser un sistema operativo, un programa, la apariencia de una consola de videojuego, o un dispositivo electrónico.

[218] Rothenberg, Jeff. *Avoiding Technological Quicksand: Finding a Viable Technical Foundation for Digital Preservation*. 1998; http://www.clir.org/pubs/reports/rothenberg/contents.html, [Consulta: 14-2-2009].

[219] García, Lino. La Maquinaria de la Virtualidad. *LINUX*+. 2009, Vol. 57, pp. 16-20. Disponible en: http://lpmagazine.org/es/, [Consulta: 22-12-2010]. Una maquinaria implica un sistema de sistemas donde intervienen dispositivos digitales a la vez que programas y, no necesariamente, tiene la responsabilidad de correr código de una plataforma obsoleta. En lugar de la tecnología obsolescente emula su comportamiento.

[220] Se habla de implementación, en lugar de selección, porque no existe estándar arquitectónico, es una exigencia de hecho, que satisfaga estas necesidades de la conservación del arte digital.

uso libre y la propuesta de un estándar (o conjunto de estándares) para la documentación, conservación y restauración de arte digital.

Reinterpretación. Es la estrategia de conservación más potente, a la vez que la de mayor riesgo y consiste en reinterpretar la obra, cada vez que se re-cree. La *reinterpretación* puede requerir la escritura de un código para una plataforma completamente diferente siguiendo un conjunto de instrucciones específicas *in situ* con respecto a la instalación, o reformar un trabajo en un medio contemporáneo con el valor metafórico de un medio anticuado. Esta técnica es muy peligrosa cuando no se cuenta con la garantía o aprobación del artista (caso de fallecimiento, por ejemplo), pero puede ser la única manera de garantizar la re-creación, su instalación, o el re-diseño de una arquitectura variable con el contexto. La *duplicación* es una variante de la *reinterpretación* aplicable a los medios que pueden perfectamente clonados. No hay diferencia entre el original y la copia[221].

Ninguna de las estrategias para el arte digital carece de inconvenientes. Gaby Wijers expone la principal desventaja de cada estrategia[222]. Según Wijers para la *sustitución* (*almacenamiento*) "la mayor desventaja de almacenar materiales obsolescentes es que la obra morirá una vez que todos estos materiales se agoten"; la *emulación* implica un posible riesgo: "gasto prohibitivo[223] e inconsistencia con la intención del artista"; en la *migración* "la apariencia original de la obra cambiará probablemente en su nuevo medio"; la *reinterpretación* "es una técnica peligrosa cuando no la garantiza el artista, pero esta puede ser la única manera de recrear la obra". La mayoría de los proyectos en curso trabajan en el desarrollo e implementación de modelos de descripción, estándares de metadatos, definición terminológica para la interoperabilidad, compatibilidad, etc. Sin embargo, el concepto de plataforma virtual, subyacente en la técnica de

---

[221] Este es el caso, por ejemplo, de los *applets* Java y los navegadores necesarios para ver obras de *net art*.

[222] Wijers, Gaby. *Preservation and/or Documentation; The Conservation of Media Art*, http://www.montevideo.nl/en/nieuws/detail.php?archief=&id=72, [Consulta: 16-10-2010].

[223] Hablar de "gasto prohibitivo" supone "injustificado" sin embargo la decisión acerca de qué cantidad de inversión es adecuada para una Restauración no es particular al arte digital.

emulación, es, probablemente, el aspecto más interesante de todas estas estrategias. La *máquina* o *maquinaria virtual* que recrea el original es, tecnológicamente, un desarrollo hardware/software (HW/SW) susceptible de resistir a la obsolescencia[224].

Obsérvese que, excepto la *sustitución*, ninguna de las estrategias de Restauración respeta la calidad perceptual de la *imagen* que funciona como *objeto-símbolo*[225]. Lo que, dicho de otro modo, equivale a un planteamiento de Restauración que "[modifica] los rasgos perceptibles del objeto"[226]. La teoría contemporánea de la Restauración "defiende que lo que caracteriza a esos objetos [Admite que la Restauración se define en función de sus objetos] son rasgos de tipo subjetivo, establecidos por las personas, y no inherentes a los propios objetos."[227] La cuestión es cuánto influye el respeto a la calidad perceptual de la *imagen* en la trasmisión de ese poder simbólico o comunicativo. ¿Cuál es el margen para que un residuo no se convierta en *índice* ni la obra en un *icono* de sí misma sino que permanezca siendo un *símbolo* de lo que representa?[228] ¿Cómo es posible valorar o cuantificar esta diferencia?

---

[224] La obsolescencia genera una paradoja cuyas consecuencias son aún difíciles de cuantificar. Se *dispone* de la capacidad tecnológica para fabricar productos duraderos; sin embargo, se *genera* la necesidad de adaptación al cambio permanente de las tecnologías. El concepto de *maquinaria virtual* es desarrollado por el autor en el Anexo B – Tecnologías.

[225] Lo que probablemente justifique el versionado pero ¿cómo versionar una obra una vez desaparecido su autor?

[226] Muñoz, *Teoría contemporánea de la Restauración*, p. 22.

[227] *Ibíd*, p. 40.

[228] Charles S. Peirce (1839-1914) distingue entre *símbolos* (que tienen una relación puramente convencional con su significado), *iconos* (que de alguna manera se asemejan a lo que significan, compartiendo algunas características con el mismo) e *índices* (que son causas de lo que representan) *cit*. en Muñoz, *The artwork that became a symbol of itself: reflections on the conservation of modern art*, p. 21.



43. León Ferrari. *Civilización occidental y cristiana*, 1965.

Como parte del proyecto *Seeing double: Emulation in Theory and Practice* se organizó justo una exposición experimental para probar las consecuencias de la *emulación* en la Restauración[229]. En general la experiencia concluye que la *emulación* puede ser menos apropiada a corto plazo que la *migración* (cuando la manipulación de *hardware* es fundamental para la obra de arte) y que la intención del artista podría ser más útil en la Restauración de una obra que la búsqueda de una solución técnica universal.

Aún así la *migración*, *emulación*, e incluso, la *reinterpretación* pueden ser la mejor opción cuando la tecnología de adopción está preparada para resistir a la obsolescencia. En cualquier caso, la estrategia de fondo, debe ser *rehacer* la obra en una tecnología robusta, bien documentada, que facilite a todas las entidades implicadas en la conservación del patrimonio (donde los museos juegan un rol muy importante) los procesos de documentación, exposición, preservación, conservación y restauración.

La tesis que defiende esta investigación es que, aunque no exista una solución universal a todos los “casos”[230], sí es posible un planteamiento metodológico que conserve la calidad perceptual de la *imagen* (o lo que es equivalente a una idéntica reproductibilidad en términos perceptuales) mediante el uso de una metodología que intervenga en la *estructura* más allá de los *datos* y *procesos*: en el propio *soporte*. Esta intervención debe capacitar la obra para facilitar su evolución, mutación y progreso. Esta estrategia de *conservación evolutiva* se denomina *recreación* y se describirá exhaustivamente en el capítulo III – Conservación Evolutiva y en el Anexo A - Metodologías.

---

[229] La comparación obra original-versión es engañosa: aún en idénticas condiciones de observación la apreciación será diferente si se observan los ejemplares por separado en lugar de juntos. El sistema perceptual tiene mayor capacidad de discriminación cuando dispone de una referencia total que cuando esa referencia parcial está grabada parcialmente en la memoria.

[230] Como tampoco existen soluciones generales en la Restauración tradicional.

Casos de Estudio

Cada obra debe ser tratada como única; lo que exige la aplicación de una metodología de investigación de *estudio de caso*. Todas estas estrategias son susceptibles de aplicar a prácticamente todas las categorías. Sin embargo, es necesario, en cada caso, considerar sus particularidades, valorar la idoneidad de cada herramienta, el coste, etc.

TV-Garden, por ejemplo, creada en 1974 por Nam June Paik, es una obra considerada por algunos *new media art*, por otros *video installation* e inclusive *electronic art*[231]. *TV-Garden* es una instalación que celebra la difusión de la televisión como un jardín que va extendiéndose, compuesto por plantas naturales y monitores con imágenes intermitentes. Aplicar la estrategia de *sustitución* a esta obra requiere acumular una gran cantidad de monitores idénticos a los utilizados por Paik. La *migración*, sin embargo, permitiría reemplazar estos monitores por otros de marca diferente. La *emulación*, sería aún más permisible, e incluso permitiría *digitalizar* la instalación para así utilizar modernos monitores digitales LCD, de Plasma, OLED, etc. Esta estrategia facilitaría enormemente la labor de conservación en un mundo completamente digital. Por último la *reinterpretación* de la obra no tendría reparos en colocar monitores incluso de diferente tamaño.

En todos y cada uno de los casos es muy importante tener en cuenta la intención del artista y la satisfacción de determinada calidad perceptual. La cuestión es dónde fijar los límites de permisibilidad. Gran parte de estas incógnitas las puede aclarar una buena documentación y la opinión y supervisión del artista. Una buena *documentación*, de hecho, debería cuantificar, con nitidez, una medida objetiva de la calidad perceptual de las imágenes; proceso para el cual no está preparado el artista y probablemente tampoco la propia institución que adquiere la obra. ¿Cómo saber, sino, cuándo la fatiga del monitor degrada la imagen “lo suficiente”? ¿Cómo compensar o corregir el color? ¿Cómo disponer la iluminación para conseguir el mismo efecto visual? ¿Cómo afectan las condiciones y tiempo

---

[231] La instalación de vídeo es un subconjunto de *nuevos medios*, con lo cual parece una categorización más específica; sin embargo la correspondencia con el *arte electrónico* está dada más por su naturaleza que por el medio de expresión en sí.

de almacenamiento al funcionamiento de la obra? Y así, un largo etcétera que debe subsistir cada vez que se expone la pieza.

TV Garden, por su importancia histórica, ha sido objeto de estudio en numerosas investigaciones. Ippolito[232] la señala como un caso típico de *versionado* y propone el siguiente sistema de etiquetas para referirse a ella[233].

> TV Garden v1.1 (Kassel, 1974) por Nam June Paik.
> Basada en Global Groove v1.3 (New York, 1973: vídeo mono canal reproducido por Nam June Paik.
> Instalación variable con uno o dos canales de vídeo *reproducido* y hardware y materiales *duplicables*: cinta de vídeo y reproductor U-matic con color y sonido; treinta monitores y tres pares de altavoces; madera, tierra, y approximadamente 50 plantas en macetas vivas.
> Dimensiones variables; muestra instalada en un rectángulo de aproximadamente 1.5 metros de alto, 6 metros de longitud, y 10 metros de ancho.
> Colección del artista.

> TV Garden v1.12 (New York, 2000) instalada por Nam June Paik, Blair Thurman, y Jon Huffman.
> Basada en TV Garden v1.1 (1974, Kassel) y Global Groove v1.3 (New York, 1973: vídeo mono canal reproducido) por Nam June Paik.
> Instalación variable con uno o dos canales de video *reproducido* y hardware y materiales *duplicables*: DVD y reproductor de DVD con color y sonido; cuarenta y seis monitores y cinco pares de altavoces; tres amplificadores de distribución de vídeo; madera, tierra, y aproximadamente 180 plantas en macetas vivas.
> Dimensiones variables; muestra instalada en un arco de aproximadamente 1.5 metros de alto, 25 metros de longitud y 6 metros de ancho.
> Solomon R. Guggenheim Museum, New York.

---

232 Ippolito, Jon. Death by Wall Label en Paul, Christiane (Ed). *New Media in the White Cube and Beyond: Curatorial Models for Digital Art*. Berkeley: University of California Press, 2008, pp. 106-132. Disponible en: http://thoughtmesh.net/publish/11.php, [Consulta: 22-12-2010].

233 *Ibíd.*, p. 128.

> Adquirida con fondos aportados por la International Director's Council y Executive Committee Members: Ann Ames, Edythe Broad, Henry Buhl, Elaine Terner Cooper, Dimitris Daskalopoulos, Harry David, Gail May Engelberg, Ronnie Heyman, Dakis Joannou, Cindy Johnson, Barbara Lane, Linda Macklowe, Peter Norton, Willem Peppler, Denise Rich, Simonetta Seragnoli, David Teiger, Ginny Williams y Elliot K. Wolk, 2001.
>
> TV Garden v3.4 (New York, 2030) instalada por Cory Archangel, Jr.
> Basada en TV Garden v1.1 (1974, Kassel), Global Groove v1.3 (New York, 1973: video mono canal reproducido), y Allan 'n' Allen's Complaint v1.6 (New York, 1982: video mono canal reproducido) por Nam June Paik.
> Instalación variable con uno o dos canales de vídeo *reproducido* y hardware y materiales *duplicables*: computadora SONY ca. 2030, dos canales de fotogramas de video raster (mapa de bits) con color y sonido, código TurboJava; Setenta monitores y diez pares de altavoces; madera, tierra, y aproximadamente 300 plantas en macetas vivas.
> Dimensiones variables; muestra instalada en un círculo de aproximadamente 2 metros de altura y 30 metros de diámetro.
> Berkeley Art Museum/Pacific Film Archive, Solomon R. Guggenheim Museum, New York, y Rhizome.org ArtBASE.

Sin embargo a pesar de este proceso de versionado aprobado por el propio Paik (artista con una clara predisposición positiva además hacia la *reinterpretación*; probablemente por sus orígenes conceptuales *fluxus*) *TV Garden* se encuentra en un limbo (desde el punto de vista de su Restauración) similar a *6 TV Dé-coll/age*, de Wolf Vostell (obra tratada como caso de estudio en esta investigación). Las plantas no existen, tampoco la tecnología empleada en la última versión adquirida ni un proceso claro de producción, exposición, conservación y restauración autorizado por Paik[234].

---

[234] Rotaeche, Mikel. *Metodología para la Conservación y Restauración de Arte Contemporáneo*: *La relación entra artista y restaurador-Entrevistas a tres artistas de videoinstalaciones*. Tesina presentada para la defensa de la suficiencia investigadora. Programa de Doctorado de: Arte Contemporáneo, criterios para su conservación y restauración. Nuevos procesos, nuevos materiales. Universidad de Bilbao, 2007. "En una entrevista realizada por John Handhart, comisario del Guggenheim Museum de New York, en 2001 al asistente de Paik, Jon Huffman, se le preguntó explícitamente por las implicaciones de este tipo de cambios sobre la obra y si Paik no preferiría mantener el aspecto exterior de los televisores originales, pero con tecnología moderna. Para responder a la cuestión el asistente cita al propio Paik que dijo: «Odio tener el control completo, eso sería aburrido. He aprendido a disfrutar de cada segundo de descontrol. Las sorpresas e inconvenientes se





44. Nam June Paik. *TV-Garden*, 1974-1982. **Arriba**. *TV Garden v1.12*, New York, 2000. **Abajo**. Detalle.

construyen dentro de las maquinas». Más adelante señala que a pesar de no existir ningún testimonio escrito TV Garden debe considerarse como una obra conceptual, según Huffman es algo implícito a su significado ya que se trata de emitir unas imágenes en unos televisores rodeados de plantas.”, pp. 28-29.

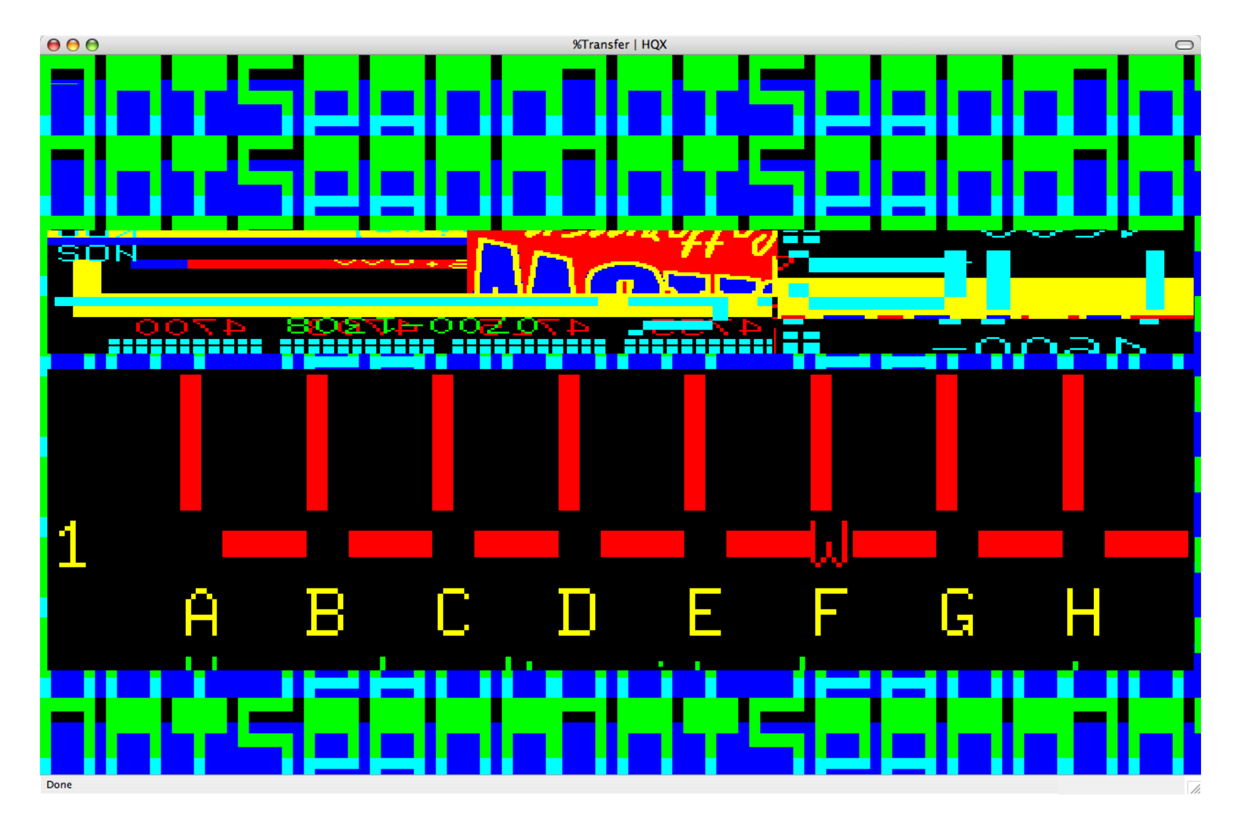
Hay categorías, como el *arte de la red*, con particularidades tecnológicas bien definidas. Las piezas, datos y código, que comparten algún espacio de disco duro en algún servidor, pueden satisfacer con mayor o menor grado estándares *de jure* o *de facto* o estar más o menos acoplados con determinadas tecnologías. El uso de estándares y herramientas libres y abiertas de uso puede ser una buena estrategia porque suelen conservar cierto nivel de compatibilidad con las versiones tecnológicas anteriores, mayor resistencia al cambio y suelen tener buen e incondicional soporte.

El paquete de protocolos de comunicación de datos: TCP/IP (Transfer Control Protocol/Internet Protocol), es un buen ejemplo. En 1969, DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency), creó ARPANET, un proyecto de I+D para crear una red experimental de intercambio de paquetes. Esta red evolucionó hasta que, en 1975, pasó de experimental a completamente operacional. Durante este periodo se desarrollaron los protocolos TCP/IP que, en 1983, fueron adoptados como estándares militares y todas las máquinas conectadas a ARPANET se vieron obligadas a migrar a estos nuevos protocolos[235]. A finales del 83 la ARPANET original se dividió en dos subredes, MILNET, la parte no clasificada de la DDN (Defense Data Network) y una nueva y más reducida ARPANET. Al conjunto de estas redes se le denominó Internet. Finalmente en 1990 desapareció ARPANET aunque, pese a ello, Internet permanece como la red de redes.

Los protocolos TCP/IP son estándares de protocolos abiertos y gratuitos. Tanto sus desarrollos como sus modificaciones se realizan por consenso y no a voluntad de un determinado fabricante o propietario. Cualquiera puede desarrollar productos que cumplan sus especificaciones; porque son independientes a nivel software y hardware. Su amplio uso los hace especialmente idóneos para interconectar equipos de diferentes fabricantes, no solo a Internet sino también entre ellos para formar pequeñas redes locales. Proporcionan un esquema común de direccionamiento que permite a un dispositivo TCP/IP localizar a cualquier otro en cualquier punto de la red. Por último son protocolos estandarizados de alto nivel, que soportan servicios al usuario, ampliamente disponibles y consistentes.

---

[235] Para facilitar esta migración DARPA fundó BBN (Bolt, Beranek & Newman) e implementó los protocolos TCP/IP en el Unix de Berkeley (BSD Unix). Esto supuso el inicio del largo matrimonio entre TCP/IP y Unix.



45. Jodi. http://wwwwwwwww.jodi.org, 1995. Esta obra asalta con un sinfín de imágenes y textos que parecen reproducir errores y virus asumiendo una estética completamente nueva.

Cambiar la programación de todos los dispositivos TCP/IP[236] que constituyen Internet y, lo que es más importante, *funcionan*, supone un coste, esfuerzo, colaboración, etc. casi imposible de imaginar. Sin embargo, el uso de tecnologías menos arraigadas, de determinado fabricante, con múltiples versiones, incluso anuales, es, desde luego, sinónimo de riesgo e indeterminación. Las empresas siguen dinámicas de expansión, absorción e incluso quiebra mucho más relacionadas con el mercado y la bolsa que con las garantías requeridas por sus clientes. Una tecnología *propietaria* tiene mayor probabilidad de desaparecer que un estándar potenciado por una comunidad de internautas, instituciones científicas y/o académicas, etc.

[236] Gran parte de los cuales conserva incluso protocolos que datan de 1975.

La *sustitución* de una obra de red solo tiene sentido con la tecnología local (caso de que la hubiera) porque, normalmente, las obras se "instalan" en servidores administrados por terceras personas y utilizan la infraestructura de comunicación altamente distribuida de la red. Este tipo de prácticas está mucho más condicionado por el software, sistema operativo, herramientas de administración del *site*, etc. *migrado* habitualmente como un proceso de administración rutinario. El problema surge cuando la tecnología que utiliza la obra (protocolos, etc.) pierde soporte. *Migrar* una obra de red supone modificar, una y otra vez, código; lo que requiere de un esfuerzo continuo y considerable. La *emulación* implica la actualización de una máquina virtual[237] y la conservación de todas y cada una de las tecnologías obsoletas involucradas. Conviene recordar que el disquete, medio de distribución habitual de cualquier tecnología de la década de los 80s, es ya una antigualla casi imposible de encontrar en la mayoría de los ordenadores de finales de la primera década del 2000. *Reinterpretar* supone la re-creación de la obra con tecnologías completamente diferentes.

En el capítulo III – Conservación Evolutiva, se desarrolla la *recreación*: una nueva estrategia de *preservación*, *conservación* y *restauración* desarrollada por el autor, cuyo objetivo no es solo mantener la calidad perceptual de la imagen del objeto Restaurado, sino intervenirlo, de manera tal, que facilite una labor de *conservación evolutiva*: un progreso planificado inmune a la obsolescencia tecnológica. Esta intervención, además, se plantea desde una metodología en la línea notacional de Rinehart que aporta beneficios secundarios como una *documentación* sintonizada con la evolución del objeto y una adecuada *exposición* o *exhibición*.

Conclusiones

La movilización y cooperación de instituciones, museos, coleccionistas, fundaciones, etc. en favor de la Restauración del arte digital no es suficiente. La respuesta a la preocupación de la UNESCO con este tipo de patrimonio se ha concentrado fundamentalmente en la *documentación*. Mucho queda por hacer en relación a la tecnología, su estabilidad, metodologías y su

[237] Probablemente, tanto en el *servidor* como en el *cliente*.

propiedad natural más peligrosa: la obsolescencia. El área que ha recibido el mayor de número de contribuciones es probablemente el vídeo. Sin embargo, en otras categorías del arte digital, fundamentalmente interactivas[238], aún queda mucho por hacer.

Una particularidad reseñable es la necesidad de involucrar al artista en el proceso de Restauración sin que suponga una interferencia. Esta paradoja plantea un problema ético consecuencia de las tensiones que pueden surgir debido a la aplicación de la Ley de la Propiedad Intelectual y la Ley de Patrimonio. En definitiva, Restaurar es tomar decisiones.

La Restauración del arte digital conecta con las Teorías de Restauración contemporáneas cuando el *objeto*, o partes del *objeto* de Restauración, es/son materia. Pero va más allá, al estado inmaterial del objeto de Restauración. No las rechaza sino que las absorbe. Si existe una Teoría de Restauración del arte digital ésta tiene que ser más general.

Todas las estrategias de Restauración, incluso la *sustitución* (la única, anterior a la *recreación* que garantiza una "identidad" perceptual completa), intervienen sobre la *estructura* como elemento funcional del *objeto*. Sin embargo, como *objeto-sistema*, aún cuando se sustituyan todas las partes, el *objeto-símbolo*, seguirá manteniendo su identidad, seguirá siendo el mismo. La paradoja de Teseo es irrelevante en cuanto se interviene en la *estructura* y no en el *aspecto*. Es importante definir la importancia estética de la autenticidad de la *imagen* y buscar las herramientas para garantizarla.

La Teoría de la Restauración del arte digital propone una intervención en el *soporte*, *procesos* y *datos*, como parte estructural del *objeto-sistema*, para mantener el valor simbólico, la eficacia, del *objeto-símbolo*. Es el *código*, como implementación de un *proceso*, y el *formato*, como estructura del *dato*, más todo el *sistema* que lo sostiene la parte perecedera de la estructura y pueden y deben cambiar. No se preserva la "esencia" u "originalidad" de un objeto a través de sus *códigos*, *formatos* y *sistemas*; ni siquiera incluso de los *procesos*, *datos* y *soportes* imperecederos porque no existe una relación unívoca entre estos y la *imagen*.

---

[238] Pero no necesariamente. La *vídeoinstalación*, a pesar de su enorme conexión con el *vídeoarte*, está en el mismo caso.

Las prácticas del arte digital son variadas, híbridas y complejas. Además de las problemáticas comunes, dadas fundamentalmente por el carácter inmaterial del tiempo y la dependencia temporal del bien, cada una tiene sus problemáticas particulares y aún, cada bien, algunas exclusivas o específicas. Los problemas se presentan en un sistema jerárquico y borroso. Todas las especificidades dependen del uso de determinada tecnología. Si un bien está “conectado” y requiere del intercambio de información por una red, será susceptible de padecer determinados problemas asociados a este tipo de tecnologías que, por otra parte, no son de ninguna manera genéricas; dependerán del protocolo empleado, dispositivos, herramientas, etc. y quizá la solución pueda ser exportada a otro caso igualmente “conectado”; incluso, cuando no comparte los mismos protocolos. Es imprescidible un proceso de análisis arriba-abajo/abajo-arriba, en espiral para conformar la episteme del arte digital. Solo un esfuerzo transdisciplinar construirá de estos procesos un corpus sistémico.

La base conceptual del arte ha cambiado y con ello el «objeto» de conservación y restauración. El mundo «digital» impone una línea de migración que condiciona la actividad de conservación incluso en los límites del arte digital (como es el caso del arte electrónico, las vídeoinstalaciones y el propio videoarte). Las estrategias de Restauración son particulares al ámbito de la tecnología y requieren de una formación especializada no solo para su conservación y restauración, sino también para su desarrollo y documentación. La factura o producción de la obra es fundamental y condiciona su nivel o grado de preservación y conservación; de hecho puede evitar, en la medida en que se comporte alográficamente, la falsificación y avalar una Restauración genuina. La aplicación de una metodología adecuada en el proceso de desarrollo de una obra, que tenga en cuenta su posterior transformación, puede facilitar la labor de Restauración al museo y alargar su vida en el tiempo indefinidamente.

Hay muchas maneras de conseguir lo mismo, pero no todas son igualmente favorables al progreso de la obra y a la conservación de su integridad estética y ésta es una característica propia del arte digital: la obra es activa, está obligada a *evolucionar*, a *adaptarse*, a *cambiar* y el artista está comprometido a participar en la definición de estos *procesos*.

CAPÍTULO III

CONSERVACIÓN EVOLUTIVA

(…) no te puedo olvidar, siento que te perdí, y eso me hace pensar

Adolfo Guzman

La hipótesis de este trabajo es precisamente que la obsolescencia es superable. La tecnología tiene madurez suficiente para salvarse a sí misma pero es preciso encausarla y subordinarla para garantizar, a la vez, la autenticidad de la obra o, lo que es lo mismo, evitar una falsificación.

El objeto de Restauración, en el arte contemporáneo, posee, en general, un carácter dual *simbólico-funcional* relacionado con el esquema *aspecto-estructura* de la Teoría del Restauro de Brandi. Como *objeto-símbolo*, la obra es portadora de un mensaje estético, una imagen o "representación" determinada por el artista que significa algo mientras que, como *objeto-sistema*, la obra debe cumplir determinados requisitos funcionales: la eficiencia del producto. La *imagen*, que funciona como *aspecto*, debe permanecer inalterable, al menos en términos perceptuales, mientras que el *soporte,* los *datos* y *procesos* (donde corresponda en las prácticas artísticas contemporáneas), que funcionan como *estructura*, son puramente utilitarios y pueden, y deben, progresar. El *objeto* está obligado a evolucionar, adaptarse, cambiar, necesita mutar para sobrevivir al tiempo. Las intervenciones sobre él deben estar encaminadas a garantizar su estado futuro y a prevenir alteraciones de su comportamiento. Todas estas acciones son, por lo tanto, connaturales a la conservación. Las teorías de Restauración, excepto las funcionales, centran sus bases en la *materia* del bien. Sin embargo en las prácticas contemporáneas abundan obras de carácter procesual, intangible, inestable, virtual, *inmaterial*.

La *conservación evolutiva* es un planteamiento que, como la *conservación informacional*[239], considera la *estructura* como un elemento

[239] Muñoz, *Teoría Contemporánea de la Restauración*, *op. cit.*, p. 72.

funcional reemplazable y se centra en la conservación del *aspecto*: lo intangible, procesual o inmaterial[240]. La *estructura* es sustituible cuando el todo o sus partes son sensibles a la obsolescencia tecnológica y carecen de valor simbólico. Los elementos funcionales sustitutivos deben ser proyectados para evolucionar y aceptar las nuevas tecnologías de manera ordinaria en la línea abierta por el *Solomon R. Guggenheim Museum*, de New York, y la *Daniel Langlois Foundation*, de Montreal, en *Permanence Through Change: The Variable media Approach*[241]. El bien se interviene para llevarlo a un estado desde el cual pueda mutar o adaptarse a nuevas condiciones futuras.

Obsolescencia tecnológica

La obsolescencia genera una paradoja ineludible cuyas consecuencias son aún difíciles de cuantificar. Se *dispone* de la capacidad tecnológica para fabricar productos duraderos a la vez que se *genera* la *necesidad* de adaptación al cambio permanente de las tecnologías. Pero, en palabras de Marshall McLuhan: “La obsolescencia jamás supuso el fin de nada. No es más que el principio”.

Una tecnología obsoleta es cualquier tecnología que ya no se emplea o ha sido reemplazada por otra (no necesariamente punta). Las razones de esta obsolescencia son diversas: mal desempeño (en comparación con nuevas tecnologías), imposibilidad de encontrar los repuestos adecuados, nuevas tecnologías que reemplazan la antigua (tecnologías sustitutivas), pérdida competitiva entre diversas tecnologías: una termina superando a las otras (no necesariamente por su calidad), estrategias comerciales, moda,

---

[240] El *aspecto*, tal y como se ha considerado, puede ser en parte o en su totalidad material o una combinación de ambos. Esta investigación se centra solamente en la Restauración de lo inmaterial. La Restauración de la materia como símbolo cuenta con una serie de procedimientos y prácticas sistematizadas y cierta orientación “científica” legitimada por su eficacia.

[241] Depocas, Alain; Ippolito, Jon y Jones, Caitlin (Eds). *Permanence through change: The Variable Media Approach.* New York: The Solomon R. Guggenheim Foundation y Montreal: The Daniel Langlois Foundation for Art, Science, and Technology, 2003. Disponible en: http://www.variablemedia.net/e/preserving/html/var_pub_index.html, [Consulta: 8-10-2010].

etc. Cualquier objeto tiene una vida útil "planificada" que corresponde a un ciclo inferior al tiempo de eficiencia funcional válido. La cuestión es que la naturaleza de esta "planificación" normalmente es ajena a la propia tecnología y corresponde más bien a estrategias de mercado. Si hay algo que caracteriza al capitalismo es el consumo constante de productos, gracias a campañas publicitarias agresivas, que "obligan" a comprar productos nuevos aunque los viejos todavía funcionen. La "obsolescencia planificada" viene a ser una especie de "seguro", que garantiza al fabricante que, por más que un producto sea suficiente para su uso[242], debe cambiase porque dejó de funcionar. Los productos no solo trabajan por un "breve" plazo de tiempo, sino que incluso se encargan de recordar cuando su vida útil se agota.

¿Qué se puede hacer contra esto? La *recreación* plantea un modelo funcional evolutivo en el que la estructura del *objeto-sistema*: *soporte*, *datos* y *procesos*, es una «caja negra»[243] resistente a la obsolescencia y con un ciclo de vida planificado. Aunque de la *estructura* solo el *soporte* es materia, *datos* y *procesos* deben ser considerados también en cuanto a su dependencia con los formatos y con los mecanismos de resistencia a la obsolescencia, respectivamente. Ambos, *datos* y *procesos*, deben ser rediseñados con formatos evolutivos (capaz de absorber futuras tecnologías) y procesos que además incluyan los mecanismos de interconexión o interfaz. La *interfaz* es el «lenguaje» de especificación de la entrada/salida, de la interconexión de la «caja negra» y no debe cambiar. De esta manera la «caja negra» se convierte en un elemento sustituible por cualquier *objeto-sistema*, idénticamente funcional, independientemente de su tecnología. La «caja negra» es escalable, es decir, desintegrable en un conjunto de cajas negras (subsistemas) interconectadas entre sí por sus respectivas interfaces. No importa cómo *funciona* sino cómo se *integra*.

---

[242] En el ámbito de la informática y, por lo tanto del arte digital, hay grandes ejemplos de esto. De hecho, un ordenador moderno puede hacer más o menos las mismas cosas que uno antiguo. Sin embargo, los sucesivos cambios en los sistemas operativos o requerimientos de algunos programas obligan a reemplazarlo periódicamente.

[243] En teoría de sistemas, caja negra es aquel elemento que se estudia desde el punto de vista de las entradas que recibe y las salidas o respuestas que produce, sin tener en cuenta su funcionamiento interno.

Este concepto de pieza modular, «parte» o «componente», intercambiable, actualizable, sustituible, de conservación de la interfaz es resistente a la obsolescencia pero requiere de un nuevo concepto de ciclo de vida y de una herramienta metodológica adecuada que requiere una migración analógico-digital. La Restauración debe ser digital.

Debilidad metodológica

La *producción* de arte digital se caracteriza, en gran medida, por una carencia metodológica, al menos en términos de estandarización. Este hecho provoca que el objeto de Restauración no esté en un estado óptimo para su *conservación evolutiva* en el momento de Restauración y exige un proceso de *recreación*. Sin embargo antes de exponer una metodología para la *recreación* es conveniente estudiar las diferentes conexiones entre algunas de las metodologías más solventes para el análisis-síntesis de sistemas en relación con la naturaleza del arte digital.

El estudio realmente científico de la materia y de la naturaleza lo iniciaron Bacon, Descartes y Galileo, a fines del siglo XVI e inicios del XVII, con el establecimiento de los principios de una verdadera metodología científica. Desde entonces, la ciencia siguió un paradigma conceptual fundamentalmente *reduccionista*, basado en el *análisis*: uno de los cuatro preceptos metodológicos de Descartes, contenidos en su famoso *Discurso del método*[244], y por eso llamado *método cartesiano* ó *paradigma cartesiano*. Las reglas o preceptos en las que se fundamente el método cartesiano son:

> **Evidencia**. No admitir jamás como verdadera cosa alguna sin conocer con evidencia que lo era, es decir, evitar cuidadosamente la precipitación y la prevención.
>
> **Análisis**. Dividir cada una de los problemas en tantas partes como sea posible para obtener una mejor solución.

---

[244] Descartes, René. *Discurso del Método,* Edit. Tecnos, Madrid, 2005.

> **Síntesis**. Comenzar el razonamiento por los objetos más simples y más fáciles de conocer, para ir ascendiendo poco a poco hasta el conocimiento de los más compuestos.
>
> **Comprobación**. Hacer en todo momento enumeraciones completas y revisiones generales.

En la primera regla solo se acepta como verdadero lo evidente y para acceder a ella se necesita de la intuición. Según Descartes:

> La evidencia es un acto puramente racional por el que nuestra mente "ve" de modo simple e inmediato una idea.

El descubrimiento de lo evidente se caracteriza porque se considera inmediato. No hay pasos intermedios para descubrir el concepto. La intuición intelectual se caracteriza porque no posee error, algo es verdadero o falso, no existen valores intermedios. En la segunda regla se aprecia que cualquier problema que se estudie está formado a su vez por subproblemas que, al poder tratarse por separado, facilitan el trabajo y ayudan a obtener soluciones mejores y más fiables. Es necesaria la transformación de ideas complejas en ideas simples. Una vez descompuesto el problema en ideas sencillas se aplica la tercera regla: volver a juntar todos los subproblemas descubiertos en la segunda regla, ya solucionados, para dar solución al problema origen o problema *padre*. El método tiene una gran ventaja: se sabe que las soluciones de los subproblemas son todas ciertas lo cual reporta seguridad. Sin embargo, tal *reduccionismo* debe ser lo suficientemente cuidadoso para no perder la comprensión del sistema en estudio. Además de las partes es necesario tener en cuenta las interacciones que existen entre ellas. Por último solo falta relacionar cada uno se los subproblemas o ideas unos con otros. Es aquí donde entra en acción el proceso *deductivo*. Para finalizar y para evitar posibles errores, es necesario comprobar todo el proceso recorrido. Este recorrido se centra, sobre todo, en las partes de análisis y síntesis; que es donde se producen la mayoría de los errores. La garantía de certeza al final del proceso se base en que el sistema de conocimiento resultante transmite la verdad en todos los pasos.



46. Dibujos de Ricard Solé[245], inspirados en el cuadro de Archimboldo *El verano* (1573). A la izquierda las partes aisladas: un conjunto de vegetales que parecen no tener ninguna relación especial entre sí. A la derecha, una imagen clara de una cabeza formada por una posible unión de la colección de vegetales de la izquierda. Lo que le da este significado es el conjunto de interacciones y cómo éstas forman un mapa adecuado que evoca un rostro.

El método cartesiano ha sido aplicado a todas las ramas de la ciencia, con mucho éxito; sin embargo, el estudio de entidades emergentes, transdisciplinares, requiere el uso de una *lógica no deductiva* ni *inductiva*, sino *dialéctica*; en la lógica dialéctica las partes son comprendidas desde el punto de vista del todo, y éste, a su vez, se modifica y enriquece con la comprensión de aquéllas. Este proceso interpretativo (*círculo hermenéutico* de Dilthey[246]) o movimiento que va del todo a las partes y de las partes al todo tratando de buscarle el sentido, no es un *círculo vicioso* sino *virtuoso*. Sin embargo, aunque la visión cartesiana supone que todo sistema es reducible a sus partes, el todo es más que el conjunto de las partes, es distinto a la suma de las partes.

---

[245] Solé, Ricard. *Redes Complejas: Del genoma a Internet*. Barcelona: Tusquets, 2009.

[246] Dilthey, Wilhem. The rise of hermeneutics en Connerton, P. (Ed). *Critical sociology*. New York: Penguin, 1900/1976.

Los sistemas complejos contienen un gran número de entidades autónomas y heterogéneas en interacción[247]. Cada elemento *interactúa* con el resto, directa o indirectamente, y estas interacciones afectan a otros elementos dando lugar a patrones de comportamiento del sistema *global*, difíciles de deducir e inferir, en función de la estructura y comportamiento de las partes componentes. En general este enfoque es apropiado cuando la información del estado y comportamiento del sistema e incompleta, existe incertidumbre y múltiples propósitos, se desconocen las restricciones impuestas en relación al sistema (controles, comportamiento, resultados finales), su estructuración es débil, etc. tal y como ocurre en el arte digital en general.

Estos conceptos están estrechamente ligados a otros como *modularidad* entendida como la capacidad que tiene un sistema de ser estudiado, visto como la unión de varias partes que interactúan entre sí y que trabajan para alcanzar un objetivo común, realizando cada una de ellas una tarea necesaria para la consecución de dicho objetivo. Un *módulo* no es más que cada una de las partes en que se encuentra dividido el sistema. Idealmente un módulo debe ser susceptible de ser tratado como *caja negra*, es decir, independiente del resto de los módulos, y comunicarse con otras (con todos o solo con una parte) a través de unas entradas y salidas bien definidas conocidas como *interfaces*. Estos conceptos: modularidad, componentes, entidades, bloques, interfaces, aunque recursivos en diversos ámbitos, son los recursos o herramientas básicas para implementar variantes metodológicas cartesianas. El factor común es la constante cartesiana: si se aprende a afrontar pequeños problemas más tarde será posible resolver problemas mayores; pero, es necesario agregar, sin perder de vista el contexto.

El *paradigma de la complejidad* se constata[248], según el premio Nobel de química Ilya Prigogine[249], en que[250]

---

[247] Las partes constituyen bloques de construcción básicos interconectados.

[248] Caro, Antonio. El paradigma de la complejidad como salida de la crisis de la postmodernidad. *Discurso* (órgano de la Federación Andaluza de Semiótica). 2002, No. 16-17, p. 6.

> Asistimos a la emergencia de una ciencia que no se limita a situaciones simplificadas, idealizadas, mas nos instala frente a la complejidad del mundo real, una ciencia que permite a la creatividad humana vivenciarse como la expresión singular de un rasgo fundamental común en todos los niveles de la naturaleza.

El gran shock para la ciencia del siglo XX, según el físico Fritjof Capra[251], ha sido

> (…) la constatación de que los sistemas no pueden ser comprendidos por medio del análisis. Las propiedades de las partes no son propiedades intrínsecas, sino que solo pueden ser comprendidas en el contexto de un conjunto mayor. En consecuencia, la relación entre las partes y el todo ha quedado invertida. En el planteamiento sistémico las propiedades de las partes solo se pueden comprender desde la organización del conjunto, por lo tanto, el pensamiento sistémico no se concentra en los componentes básicos, sino en los principios esenciales de organización. El pensamiento sistémico es contextual, en contrapartida al analítico. Análisis significa aislar algo para estudiarlo y comprenderlo, mientras que el pensamiento sistémico encuadra ese algo dentro del contexto de un todo superior.

Frente al *reduccionismo*, que ha caracterizado tradicionalmente a la ciencia occidental, se asiste en la actualidad al surgimiento de un nuevo espíteme científico que pone el énfasis en la *totalidad* y no en los componentes *simples* de los fenómenos. No *aísla* los objetos a investigar sino que privilegia el *contexto* donde estos se sitúan[252].

---

[249] Prigogine, Ilya. *El fin de las certidumbres*, Taurus, Madrid, 1997.

[250] Malagón, Mario J. Algunas reflexiones sobre los enfoques interdisciplinarios a través de una disciplina del ejercicio de la profesión (principal integradora). *Pedagogía Universitaria*. Universidad de Pinar del Río. 2001, Vol. 6, No. 4.

[251] Capra, Fritjof. La *trama de la vida. Una nueva perspectiva de los sistemas vivos*. Barcelona: Anagrama, 1998.

[252] Ruano Gómez, Juan de Dios. *Auto-organización: transdisciplinariedad científica y emplazamiento sociológico de una noción de segundo orden*, tesis doctoral presentada en Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 2002.

La siguiente tabla ilustra algunas metodologías: *el método*, de Descartes; el *método proyectual* basado en la resolución sistemática de problemas de Bruno Munari[253]; el *método de diseño estructurado* aplicado en programación cuyo objetivo es diseñar algoritmos que cumplan la propiedad de modularidad; la *metodología para la evaluación y desarrollo de proyectos transdisciplinares* (MPT), desarrollada por el autor para abordar proyectos en la intersección arte, ciencia y tecnología.

Descartes	Munari	MDE	MPT
Evidencia	Problema Definición del Problema		
Análisis	Elementos del Problema Recopilación de Datos Análisis de Datos	Diseño Descomposición Funcional Refinamiento Sucesivo	Modelo
Síntesis	Creatividad Materiales y Tecnología Experimentación Modelos	Codificación	Diseño
Comprobación	Verificación Dibujos constructivos Solución	Prueba	Implementación

47. Tabla comparativa de diferentes metodologías.

Creatividad no quiere decir improvisación sin método. El método proyectual de Munari consiste simplemente en una serie de operaciones necesarias, dispuestas en un orden lógico, dictado por la experiencia. Su

253 Munari, Bruno. *Cómo nacen los objetos. Apuntes para una metodología proyectual*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 1983.

finalidad es la de conseguir un máximo resultado con el mínimo esfuerzo. El método proyectual cambia únicamente las responsabilidades: en lugar de resolver el problema uno solo, en el caso de un proyecto mayor es preciso aumentar el número de especialistas y colaboradores; y adaptar el método a la nueva situación. El conocimiento del método proyectual, según el propio Munari, de que es lo que hay que hacer para hacer o conocer las cosas, es un valor liberatorio: es un «haz de ti, tú mismo». Uno de los ejes del nuevo modelo de educación superior: el desarrollo de la capacidad de aprender a aprender.

La definición del problema en su conjunto y la descomposición del problema en sus elementos del método de Munari, correspondiente a la regla cartesiana *evidencia*, es, sin duda, el primer paso para abordar cualquier proyecto. Las acciones relacionadas con la evidencia permiten no solo conocer *qué* se debe resolver o comprender, sino también establecer los límites, fronteras y relaciones con el entorno; desde luego, son también el punto de partida del resto de metodologías aunque estas aparecen embebidas en el propio *análisis, diseño* o *modelo*.

El método de diseño estructurado aporta una técnica para realizar la descomposición: un estudio descendente, *arriba-abajo*, que lleve desde la concepción del problema global (programa o algoritmo) hasta la identificación de sus partes (módulos). Esta técnica se repite aplicando una estrategia llamada de *refinamiento sucesivo* propuesta por el experto en Ciencias de la Computación Niklaus Wirth, que consiste precisamente en volver a aplicar el estudio descendente *arriba-abajo* a cada subproblema una y otra vez hasta obtener subproblemas lo suficientemente pequeños, resolubles por módulos que cumplan, en la medida de lo posible, las características deseables en un módulo en el ámbito de la programación. La calidad del diseño estructurado, básicamente, se evalúa en base a los conceptos cualitativos de acoplamiento y cohesión. El acoplamiento es el grado de interdependencia que hay entre los distintos módulos de un programa; lo deseable es que esta interdependencia sea lo menor posible, es decir, tenga un acoplamiento débil. La cohesión es una medida de fuerza o relación funcional entre las sentencias o grupos de sentencias de un mismo módulo. Un módulo coherente ejecutará una única tarea sencilla interactuando muy poco o nada con el resto de módulos del programa. Se persigue que los módulos tengan una alta cohesión. El enfoque aparentemente *reduccionista* de los sistemas pretende *integrar* las partes hasta alcanzar una *totalidad lógica* o de una independencia o autonomía

relativa con respecto a la *totalidad mayor* de la cual también forma parte. No solo es necesario definir la *totalidad* sino también sus *partes* constituyentes y las *interacciones* de estas.

La fase *modelo* de la *metodología para la evaluación y desarrollo de proyectos transdisciplinares*[254] utiliza prácticamente el mismo método de *análisis* que el método de diseño estructurado. Solo se añaden los elementos necesarios para adaptarlo a sistemas complejos, distribuidos, concurrentes, en tiempo real, que constan no solo de algoritmos y lenguajes de programación (software) sino también de hardware. La metodología es eminentemente orientada a la *modularidad* y define dos elementos fundamentales con los que afrontar la etapa de *diseño*: los *componentes* y sus *interfaces* (que denomina *a*3.cube y *a*3.nexus respectivamente). Por último en la fase *implementación* se adopta un esquema de responsabilidades, muy similar al de Munari, que adapta la resolución de problemas al contexto del nuevo espacio europeo de educación superior, sin ser exclusivo a este[255]. En esta fase se planifica el desarrollo de cada entidad según técnicas de aprendizaje cooperativo basado en proyectos (ABP). Cada proyecto se puede desarrollar y evaluar independientemente a la vez que facilita un mecanismo de supervisión de la unión entre los diferentes proyectos.

Obsérvese que la correspondencia de las fases *diseño* y *modelo*, del *Método de Diseño Estructurado* y de la *Metodología para la evaluación y desarrollo de Proyectos Transdisciplinares*, aún alineadas con la fase *análisis* del modelo cartesiano, es relativa. En ambas las propiedades de las partes

---

[254] *cfr*., Anexo A – Metodologías.

[255] Estas técnicas están diseñadas según los cuatro pilares que constituirán la nueva clase de educación: *aprender a conocer*, *aprender a hacer*, *aprender a vivir juntos* y *aprender a ser*; para que los participante puedan desarrollar un proyecto en grupo; aprendiendo según avanzan; con un conocimiento incompleto del problema; para integrar conocimientos y habilidades de diferentes áreas y resultan idóneas para el desarrollo de proyectos transdisciplinares. Pero son perfectamente extensibles al entorno empresarial. En definitiva el aprendizaje basado en competencias no tiene otro objetivo mayor que adaptarse a las exigencias reales del mercado. A3, de hecho, es una versión de MPT que sortea las restricciones impuestas por el propio sistema académico para conseguir una metodología universal.

son comprendidas solo desde la organización del conjunto, desde el contexto y de las complejas interrelaciones entre las partes. Ambos métodos provienen de una metodología más general, la *Teoría General de Sistemas*[256] desarrollada por von Bertalanffy en 1930, cuyo objetivo no es buscar analogías entre las ciencias, sino evitar la superficialidad científica que las estanca[257]. Para ello emplea como instrumento, modelos utilizables y transferibles entre varios continentes científicos, toda vez que dicha extrapolación sea posible e integrable a las respectivas disciplinas. Las características[258] que los teóricos atribuyen a la *teoría general de los sistemas* son:

> **Interrelación e interdependencia**. Toda teoría de los sistemas debe tener en cuenta los *elementos* del sistema (objetos, entidades, componentes, atributos, acontecimientos y otros aspectos similares), la *interrelación* existente entre los mismos y la interdependencia de los componentes del sistema. Los elementos no relacionados e independientes no pueden constituir nunca un sistema.

> **Totalidad**. El enfoque de los sistemas no es un enfoque analítico, en el cual el *todo* se descompone en *sus* partes constituyentes para luego estudiar en forma aislada cada uno de los elementos descompuestos; se trata más bien de un tipo gestáltico de enfoque, que trata de encarar el *todo* con todas sus *partes* interrelacionadas e interdependientes en interacción.

---

[256] Bertalanffy, Ludwing von. *General System theory: Foundations, Development, Applications*, George Braziller. Revised edition 1976, New York, 1968. La interpretación de la realidad desde la metáfora de un todo organizado en funcionamiento compuesto por múltiples dimensiones y elementos interrelacionados implicó una ruptura epistemológica de gran relevancia científica: la vocación analítica de la ciencia paradigmática cede paso a la vocación sistémica de una nueva ciencia: la Sistémica.

[257] Romero Pérez, Clara. *Paradigma de la complejidad, modelos científicos y conocimiento educativo*. Universidad de Huelva; http://www.uhu.es/agora/version01/digital/numeros/06/06-articulos/monografico/html_6/clara_romero.htm, [Consulta: 5-10-2010].

[258] Bravo Monroy, Rodolfo. *Metodología para el análisis y desarrollo de sistemas complejos: una aproximación al estudio y selección de sus elementos de información.* Tesis doctoral presentada en la Universidad Complutense de Madrid, Servicio de Publicaciones, Madrid, 2006.

Búsqueda de objetivos. Todos los sistemas incluyen *componentes* que interactúan, y la *interacción* hace que se alcance alguna meta, un estado final o una posición de equilibrio.

Insumos y productos. Todos los sistemas dependen de algunos insumos para generar las actividades que finalmente originan el logro de una meta. Todos los sistemas originan algunos productos que otros sistemas necesitan.

Transformación. Todos los sistemas son *transformadores* de *entradas* en *salidas*. Entre las entradas se pueden incluir informaciones, actividades, una fuente de energía, conferencias, lecturas, materias primas, etc. Lo que recibe el sistema es modificado o procesado por éste de tal modo que la forma de la salida difiere de la forma de entrada.

Entropía. La *entropía* está relacionada con la tendencia natural de los objetos a caer en un estado de desorden. Todos los sistemas no vivos tienden hacia el desorden; si los deja aislados, perderán con el tiempo todo movimiento y degenerarán, convirtiéndose en una masa inerte.

Regulación. Si los sistemas son conjuntos de *componentes* interrelacionados e interdependientes en *interacción*, los componentes que interactúan deben ser regulados (manejados) de alguna manera para alcanzar los objetivos (las metas) del sistema.

Jerarquía. Generalmente todos los sistemas son complejos, integrados por subsistemas más pequeños. El término *jerarquía* implica la introducción de sistemas en otros sistemas.

Diferenciación. En los sistemas complejos las unidades especializadas desempeñan funciones especializadas. Esta *diferenciación* de las funciones por componentes es una característica de todos los sistemas y permite al sistema focal adaptarse a su ambiente.

Equifinalidad. Esta característica de los sistemas abiertos afirma que los resultados finales se pueden lograr con diferentes condiciones iniciales y de maneras diferentes. Contrasta con la relación de causa y efecto del sistema cerrado, que indica que solo existe un camino óptimo para lograr un objetivo dado. Para las organizaciones complejas implica la existencia de una diversidad de entradas que se pueden utilizar y la posibilidad de transformar las mismas de diversas maneras.

Es posible imaginar con facilidad que un sistema puede ser una empresa, un hospital, una universidad, una obra de arte digital, o entidad susceptible a la aplicación de los principios enumerados. Las organizaciones, por ejemplo, tienen muchos componentes que interactúan: producción, comercialización, contabilidad, investigación y desarrollo, todos los cuales dependen unos de otros. Al tratar de comprender la organización se le debe encarar en su complejidad total, en lugar de considerarla simplemente a través de un componente o un área funcional. El estudio de un sistema de producción no produciría un análisis satisfactorio si se dejara de lado el sistema de comercialización.

La *teoría general de sistemas* es un modo de enfoque interdisciplinario que permite estudiar y comprender la realidad, con el propósito de implementar u optimizar sistemas complejos. Puede verse como la aplicación tecnológica de la teoría de sistemas a los esfuerzos de la ingeniería, adoptando en todo este trabajo el paradigma sistémico. La *ingeniería de sistemas* integra otras disciplinas y grupos de especialidad en un esfuerzo de equipo, formando un proceso de desarrollo estructurado. Las funciones principales de la *ingeniería de sistemas* son: *planeación*, *diseño*, *evaluación* y *construcción* científica de sistemas hombre-máquina. La característica más importante de la *ingeniería de sistemas* es la interrelación con otras disciplinas en un trabajo transdisciplinar.

La obsolescencia tecnológica y la debilidad metodológica (no sólo en la *producción* de los obras sino también en los procesos de Restauración) son los grandes retos de la *conservación evolutiva*. Cualquier estrategia útil para la Restauración del arte digital debe enfrentarse con ello y abordarlo. Pero aún queda otra cuestión no menos importante por tratar y es la de conseguir una Restauración auténtica y genuina que "[armonice], hasta donde ello es posible, un mayor número de teorías"[259]: la conservación de la identidad simbólica de la obra, de la eficacia del *objeto-símbolo*. De un objeto complejo que significa y conforma nuevos valores patrimoniales.

[259] Muñoz, *Teoría contemporánea de la Restauración*, *op. cit.*, p. 177.

Identidad simbólica

“Un objeto se asemeja a sí mismo en el grado máximo”[260] y esto, desde el punto de vista estético, implica una *identidad* simbólica: el objeto debe debe provocar las mismas respuestas y expectativas, la probabilidad de confusión debe ser 1. Conseguir una idéntica repoductibilidad perceptual, teniendo en cuenta que cualquier diferencia ínfima tiene gran peso, significa que el error entre ambas *imágenes*: *restaurada* y *objeto*[261] esté por debajo del umbral de la percepción humana. Este error, considerado difícil de cuantificar para unos e imposible para otros, sí es posible de obtener, de manera objetiva, cuando la imagen es *inmaterial*. Por lo tanto, cuando el objeto de Restauración es intangible, es posible hablar de *autenticidad* de la Restauración y, por lo tanto, de *falsedad* en cuanto a la preservación de la *identidad*. Sólo así es posible evitar un duplicado falsificado. La falsificación se produce cuando un objeto “finge poseer la historia de producción requerida para ser”[262] otro. El razonamiento de Goodman es:

> En las ocasiones en que existe una prueba teórica decisiva que permite determinar si un objeto tiene todas las propiedades constitutivas de la obra en cuestión, sin determinar cómo o por quién fue producido el objeto, no se requiere ninguna historia de producción específica y, por tanto, no se ha producido una falsificación. Esa prueba la proporciona un sistema de notación adecuado, con un conjunto articulado de caracteres y posiciones relativas para ellos.
>
> (…) solo cuando se establece una notación se logra una identificación definitiva de la obra independientemente de la historia de su producción. El arte alográfico no se ha emancipado a fuerza de reivindicación sino de notación.

---

[260] Goodman, *op. cit.*, p. 20.

[261] Entiéndase por *imagen-objeto* la deseada (sea cual fuera el criterio a aplicar: actual, original o prístina) y por *imagen-restaurada* la obtenida después de la intervención del bien.

[262] Goodman, *op. cit.*, p. 118. Aunque los objetos a los que se refier Goodman son la obra auténtica y la falsa es posible hacer una analogía entre el *imagen-objeto* y el *imagen-restaurada* para establecer un criterio de *autenticidad* en la Restauración.

La prueba de *autenticidad*, para las artes *alográficas*, está en la corrección de la transcripción en determinada notación. La pintura, por ejemplo, es *autográfica*; "ni siquiera la duplicación más exacta puede considerarse genuina"[263] pero muchas de las prácticas en al arte digital son procesuales y, aunque su producción no dependa de un sistema de notación formal, su naturaleza es *alográfica*. Por lo tanto, una Restauración que permita la *recreación* de una obra en términos de un lenguaje escrito en una partitura notacional ofrece garantías de preservar la *identidad* de la obra y de la partitura. La estrategia de Restauración para la *conservación evolutiva* es una metodología diseñada en términos de un sistema de notación similar, en concepción, a un plano arquitectónico donde la selección particular de dibujos y numerales cuenta como diagrama digital[264] y como partitura.

La notación es un sistema de signos convencionales que se adopta, en las ciencias y las artes, para expresar conceptos, entidades, procesos, hechos o relaciones. En las artes, los mecanismos de replicación de una obra son exclusivos de aquellas manifestaciones alógrafas como la arquitectura, la danza, la música y el teatro donde reproductibilidad, unicidad y singularidad conviven sin contradicción. Sin embargo la *dimensión notacional* es connatural a la naturaleza efímera, documental, técnica, multidisciplinar, compleja y procesual, del arte digital.

El diseño de un sistema de notación es un problema de minimización/compromiso dimensión/expresividad de sus símbolos que debe satisfacer cinco requisitos definidos por Goodman: la no-ambigüedad y la disyunción y diferenciación sintáctica y semántica[265]. Una menor cantidad de símbolos facilita la legibilidad en detrimento de la expresividad mientras

---

[263] *Ibíd.*, p. 110.

[264] *Ibíd*., p. 151. "Para ser digital, un sistema no sólo debe ser discontinuo, sino estar totalmente *diferenciado*, sintáctica y semánticamente. Si (…) también es no-ambiguo y disyunto sintáctica y semánticamente, se tratará de un sistema de notación". Goodman demuestra que los sistemas digitales cumplen los cinco requisitos que precisa un sistema de notación. "Las verdaderas virtudes de los instrumentos digitales son las de los sistemas de notación: definición y posibilidad de repetir las lecturas", p. 152.

[265] *Ibíd*., p. 147. Para profundizar en el conocimiento de los sistemas o esquemas de notación es altamente recomedable la lectura del capítulo 4: La teoría de la notación, pp. 123-164.

que, en sentido contrario, es posible conseguir cualquier nivel de detalle, favoreciendo la adaptación a las nuevas realidades, a cambio de mayor confusión y dificultad de aprendizaje. La situación ideal consigue el balance adecuado que permite al artista expresar sus ideas con facilidad y sin restricciones[266] dentro de los límites del consenso.

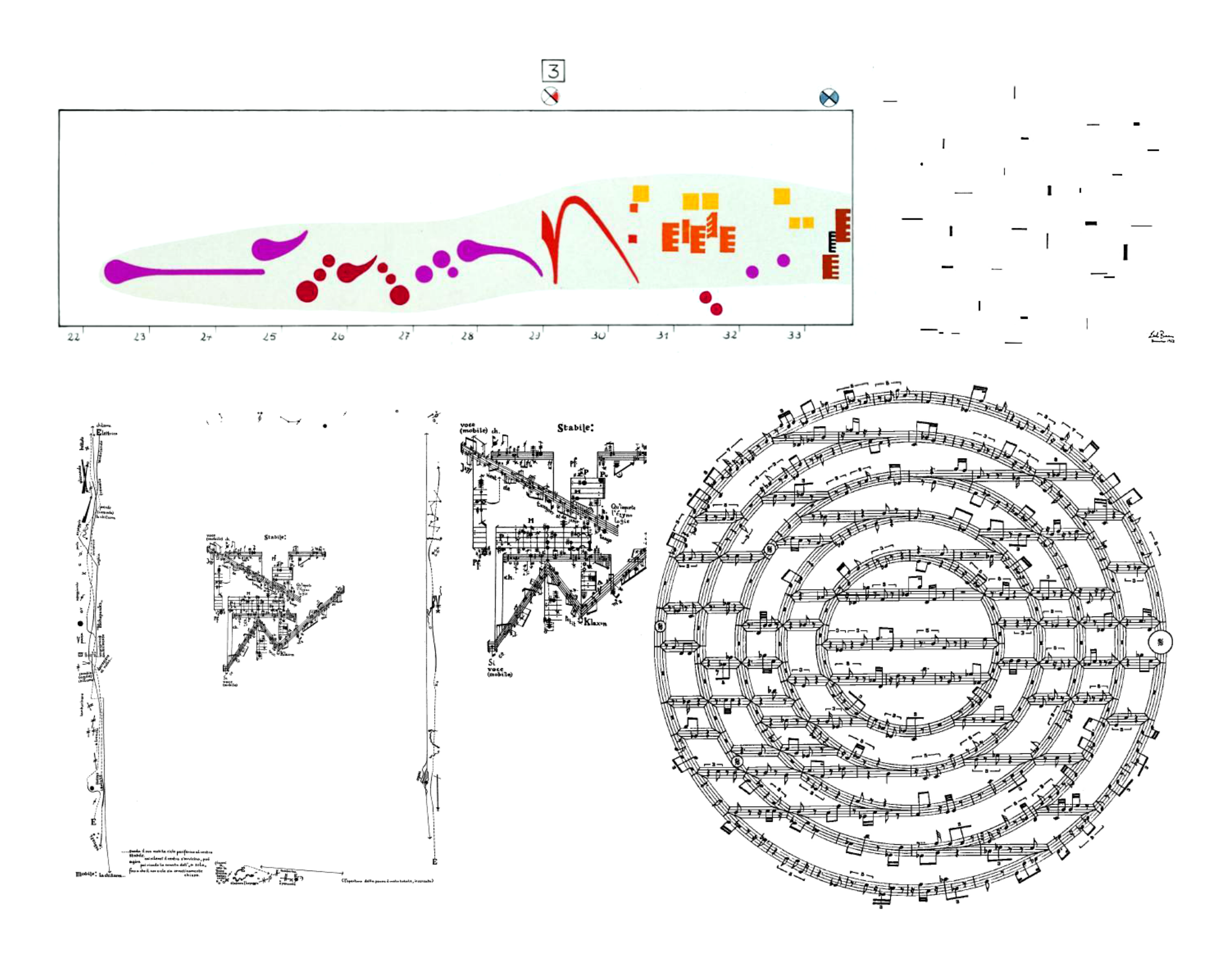
El universo o alcance de un sistema está condicionado por su capacidad de adaptación (absorción de nuevos símbolos orgánicamente). Un sistema de notación para el arte digital, deberá, por lo tanto, permitir la transcripción de las obras (e indirectamente su descripción, documentación y catalogación), la identificación de una obra en sus ditintas interpretaciones (la notación desarrollo un papel teórico fundamental) y/o la composición unificada o sistemática de nuevas obras, con garantías de su preservación (disponibilidad) y Restauración. La figura 48 muestra diferentes sistemas de "notación"[267] musical no-convencionales reinventados para superar lo que consideraron vacíos, carencias e insuficiencias del sistema de notación tradicional en la representación de las posibilidades sonoras que ofrecen las nuevas tecnologías. Sin embargo, la pérdida del carácter funcional los relega a poesías visuales. La figura 49 muestra un ejemplo de aplicación del sistema de notación para la danza propuesto por Laban[268].

---

[266] Diego García, Isaac. Notación musical: El grafismo musical en la frontera de los lenguajes artísticos. *Opus Música*, 2007; http://www.opusmusica.com/020/grafismo.html, [Consulta: 20-2-2009]. "Edgard Varèse se sirvió de grafías convencionales para expresar sus novedades tímbricas y rítmicas, aún consciente de sus limitaciones; mientras que Luigi Russolo creó una simbología nueva para sus intonarumori, aunque sin renunciar a los pentagramas y a las líneas divisorias de compás". Ambas grafías son funcionales (como código establecido entre compositor e intérprete); sin embargo la práctica de Varèse acentúa la sistematización.

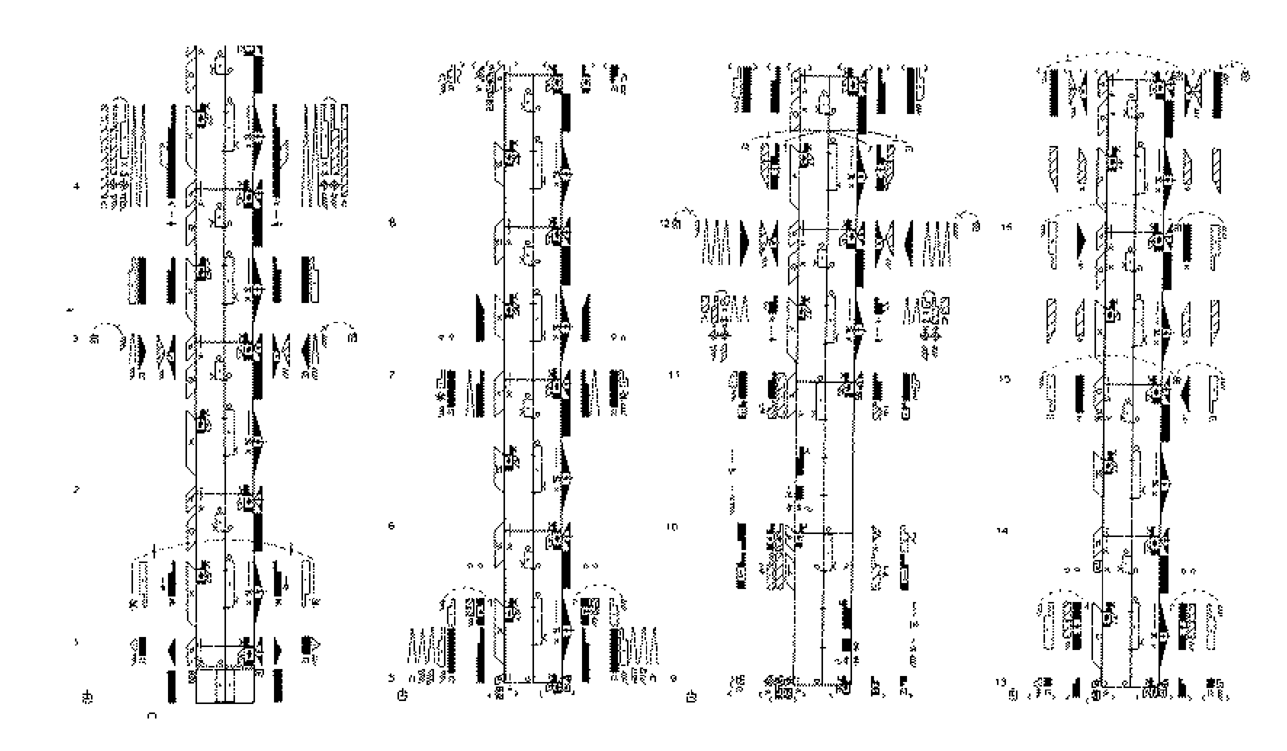
[267] No existe ninguna garantía de que todos estos sistemas sean notacionales en el sentido exigido por Goodman; es decir que satisfagan la no-ambigüedad y la disyunción y diferenciación sintáctica y semántica. De hecho el sistema de Brown no estipula las unidades significantes mínimas de distancia y posición, carece de diferenciación sintáctica y, por lo tanto, no es notacional.

[268] Newlove, Jean y Dalby, John. *LABAN for all.* Londres: Nick Hern Books, 2008.



48. Ejemplos de sistemas de "notación" musical no estandarizados. **Superior Izquierda**. György Ligeti. *Artikulation*, 1958. **Superior Derecha**. Earle Brown. *December 1952* (Folio). **Inferior Izquierda/Centro**. Sylvano Bussotti. *Sette Fogli* "Mobile-Stabile per Chitarre, Canto e Piano", 1959. **Inferior Derecha**. Mestres Quadreny. *L'Estro Aleatorio*, 1973-78. "La completa subordinación a la partitura es el único requisito para obtener un ejemplo genuino de la obra"[269] pero siempre en el contexto de un sistema notacional.

[269] Goodman, *op. cit*., p. 172.



49. Ejemplo de labanotación: un sistema de notación para la danza.

El arte digital está íntimamente ligado a la ciencia, la tecnología y la comunicación. Por ello, la relación con gran parte de la terminología utilizada: *new media art*, *variable media*, *unstable media art*, *interactive art*, *computer art*, *installation art*, etc. es confusa. La definición que proporciona la Wikipedia, en este contexto, es suficiente[270]:

> El arte digital engloba una serie de disciplinas creativas en las que se utilizan tecnologías digitales en el proceso de producción o en su exhibición.

Un bien, desde este punto de vista, es un *objeto-sistema*, constituido por un conjunto HW/SW *activo* (*infraestructura*) donde operan procesos que

270 Wiki: Arte Digital. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Arte_digital, [Consulta: 8-10-2010].

consumen, transforman, almacenan y generan datos (*superestructura*)[271] que permiten manifestarse al *objeto-símbolo*. El arte digital pese a ser el pasado-reciente del arte, en su mayor parte autográfico, es en general alográfico, debido a su naturaleza procesual; se genera en dos etapas[272].

El universo, vasto y plural, del arte digital, convierte el proceso de transcripción a un sistema de notación en una tarea forense. Sin embargo, es una vía abierta a museos, fundaciones y entidades coleccionistas, hacia una *catalogación*, *documentación*, *exposición*, *preservación*, *conservación* y *restauración* (en definitiva… Restauración) adecuada que, en la medida en que alcance la *universalización* (en términos de consenso por la comunidad), facilitará la creación de redes de cooperación e intercambio, su sistematización e inserción en el sistema educativo, etc. (en definitiva… la estandarización).

El proceso de transcripción debe generar un modelo *conceptual*[273] o *funcional* que detalle, en el contexto del problema bajo estudio, los materiales, energía y procesos de información más importantes que tienen lugar entre los diferentes elementos del sistema y los estados internos que puedan ser considerados independientes[274]. Este modelo debe reflejar la dinámica del sistema en función de los datos como observa Rinehart "(…) el dato (contenido) puede ser separado de los sistemas (software y hardware

---

[271] García y Montero, *The Challenges of Digital Art Preservation*, *op. cit.*, pp. 43-53. La naturaleza *activa* del arte digital, en oposición a la *pasiva* del arte tradicional, está relacionada con el consumo de energía para la epifanía de la imagen.

[272] Goodman, *op. cit.*, pp. 110-117. Goodman concluye que "las artes autográficas son aquellas que en su primera etapa son singulares" y considera que "el arte parece ser alográfico sólo en la medida en que es compatible con la notación".

[273] Rinehart, *op. cit.,* p. 3. Según Rinehart "El desarrollo de un sistema notacional para *media art* requiere del desarrollo de un modelo conceptual. El sistema de notación formal podría se considerado como una expresión de este modelo y una partitura considerada como una instancia específica de notación. Es importante observar que el modelo conceptual y el format de expresión son diferentes entidades".

[274] Bagdasaryan, Armen G. System Theoretic Viewpoint on Modelling of Complex Systems: Design, Synthesis, Simulation, and Control; http://arxiv.org/abs/0812.4523, [Consulta: 24-12-2008].

específico)”[275]. Esta relación “es una estrategia que parece reflejar el concepto de partitura para el arte de los medios”[276].

Recreación

Las estrategias de Restauración que propuso la iniciativa *Variable Media Network* (analizadas en profundidad en el capítulo anterior) ampliamente aceptadas y difundidas por la comunidad son:

> **Sustitución** (normalmente conocida por **Almacenamiento**). Consiste en acumular físicamente aquellas partes del bien susceptibles de reposición; se basa en la redundancia.
>
> **Emulación**. Permite la imitación del original en un medio completamente diferente.
>
> **Migración**. Implica la actualización de la estructura.
>
> **Reinterpretación**. Estrategia más radical. Permite la redefinición de una obra en un medio contemporáneo con el valor metafórico de un medio obsoleto.

Ninguna de ellas carece de inconvenientes[277] y, excepto la *sustitución*, no aseguran la integridad perceptual de la *imagen* lo que puede dar lugar incluso a la falsificación. La mayoría de los proyectos en curso trabajan en el desarrollo e implementación de modelos de descripción, estándares de metadatos[278], definición terminológica para la interoperabilidad, compatibilidad, etc. con una serie de recomendaciones de buenas prácticas. Ejemplos de estas iniciativas son: *The Documentation and Conservation of the Media Arts Heritage*, *The Variable Media Network*, *Media Matters*, *Inside Installations*, etc.

---

[275] Rinehart, *op. cit.,* p. 5.

[276] *Ibíd*., p. 6.

[277] Wijers, *loc. cit*.

[278] Rinehart, *op. cit.*, p. 3.

Sin embargo, el concepto de *virtualidad*, subyacente en la prometedora técnica de la *emulación*[279], sugiere el planteamiento de una táctica que preserve el *aspecto* a la vez que resista a la obsolescencia de la *estructura*: la *recreación*. La *recreación* (vocablo que proviene del latín *refectum* y que significa rehacer, reconstituir, restablecer) facilita un versionado evolutivo que aísla *estructura* y *aspecto*, mantiene la eficiencia funcional del objeto a la vez que preserva su valor simbólico para conseguir una Restauración practicable donde no era posible. A3 es una adaptación de la Metodología para Proyectos Transdisciplinares[280] (MPT) que permite aplicar esta estrategia. A3 aporta una *superestructura metodológica* que documenta, diseña e implementa el objeto en función de sus elementos permanentes: datos y procesos, sobre una *infraestructura tecnológica* resistente a la obsolescencia funcionalmente versionable. En este capítulo se resume el funcionamiento básico de A3; que es tratado en detalle en el Anexo A – Metodologías con un ejemplo de *producción* que aplica la MPT. En el capítulo IV – Caso de Estudio se aplica A3, en una práctica de Restauración mediante la *recreación*, a la obra *6 TV Dé-coll/age* de Wolf Vostell[281].

El *símbolo-sistema* se desarticula en *imagen* y *soporte*, *datos* y *procesos*, que funcionan como *aspecto* y *estructura*, respectivamente. La *imagen* que

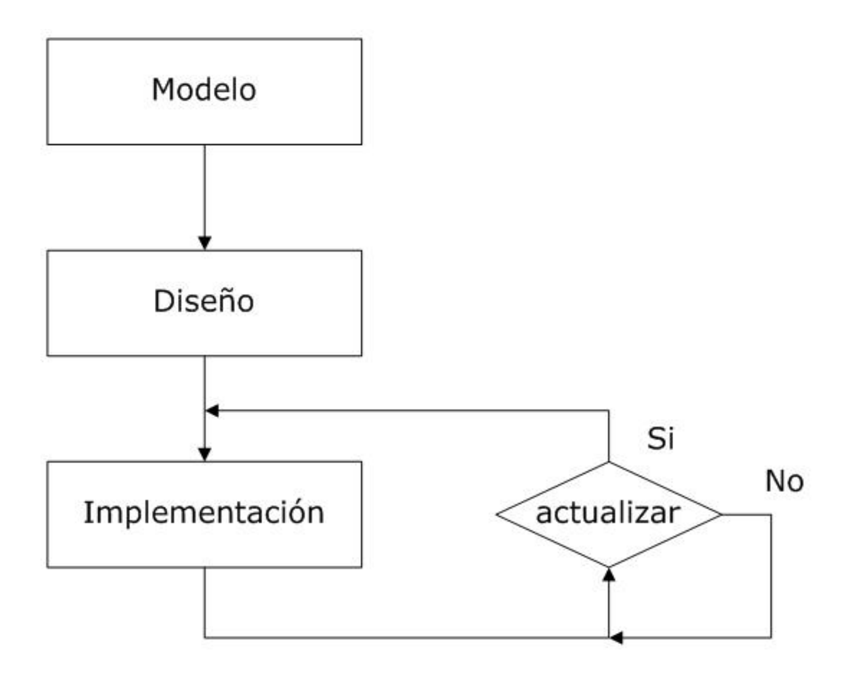
[279] La *emulación* desde el punto de vista funcional es una *máquina virtual* que abstrae el comportamiento del soporte viejo en uno nuevo a nivel *software*. Generalmente un programa capaz de *correr* otros programas simulando el comportamiento del *hardware* antiguo. En Emulatronia: Juega con tu pasado, http://www.emulatronia.com, [Consulta: 22-12-2010], por ejemplo, es posible encontrar emuladores de dispositivos antiguos como el *Commodore 16-Plus/4* o las máquinas de juego *Arcade* para muchas arquitecturas y sistemas operativos “modernos”. Sin embargo la recreación es una *maquinaria virtual* que abstrae el comportamiento del sistema completo: HW/SW.

[280] García, Lino. Metodología para el Diseño y Desarrollo de Proyectos Transdisciplinares. V *Jornadas de Innovación Universitaria*, Madrid: UEM, 2008. A3 es una adaptación de MPT. En MPT la fase de implementación se organiza en proyectos académicos según técnicas de aprendizaje basado en problemas con duración, roles, mecanismos de evaluación e integración diseñados específicamente para el entorno universitario. Aunque muchas de estas especificaciones son susceptibles y recomendables de aplicar en los nuevos equipos de Restauración, A3 las considera completamente opcionales.

[281] Se utilizan dos ejemplos (de *producción* y *recreación*) por la conexión de ambos procesos en la Teoría de la Restauración del arte digital.

produce el valor simbólico, estético debe permanecer inalterable, al menos en términos perceptuales, mientras que la *estructura,* puramente funcional, puede y debe (está obligada a) evolucionar. La *recreación* estudia el *objeto-símbolo* para diseñar un *objeto-sistema* con una metodología adecuada, en término de satisfacción de los requisitos esenciales, en el corpus axiomático de la ingeniería de sistemas. Desde el punto de vista de la Restauración, sin embargo, es muy deseable que cualquier *objeto-sistema* satisfaga dos requisitos esenciales: la resistencia a la obsolescencia tecnológica y una política de actualización o versionado funcional eficiente; lo que se puede trasladar a unas buenas prácticas de *producción* y *recreación*.

La *máquina virtual* que reproduce la *estructura* original es, en la *emulación*, generalmente un desarrollo *software* con cierta capacidad de portabilidad dependiente del *hardware*. La *infraestructura tecnológica* es, en la *recreación*, una *maquinaria virtual* HW/SW, basada en el paradigma de los sistemas complejos, reemplazable evolutivamente. La *superestructura metodológica* es una suerte de sistema de notación con todas las ventajas que ello supone.



50. Ciclo de vida de la Recreación. La actualización puede ser programada o improvisada; en caso de fallo o rotura, por ejemplo.

A3

Las obras de arte digital, desde un punto de vista muy general, se pueden considerar sistemas de integración muy complejos, donde intervienen diversas tecnologías, producto de la intersección de áreas del conocimiento muy diversas, y metodologías (con frecuencia *métodos* no estándares, atípicos e improvisados). En cualquier caso, la obra en sí, independiente de su proceso de producción, tiene una fuerte dependencia de tecnologías (electrónica, informática, comunicaciones, robótica, etc.) y esta, a su vez, una caducidad temporal prematura. El problema principal, y general, que debe absorber/resolver un sistema de notación, en este contexto, es la obsolescencia tecnológica[282].

El sistema de notación propuesto, A3[283], es una estrategia de *recreación*, basada en la Metodología para el diseño y desarrollo de proyectos transdisciplinares (MPT)[284], que consta de dos capas: una *infraestructura tecnológica* y una *superestructura metodológica*. La capa inferior proporciona los componentes (hardware/software) y la forma de interconexión entre ellos en un modelo basado en el paradigma de los sistemas complejos (apoyado en estándares, sistemas de interconexión abiertos y plataformas libres), resistente a la obsolescencia, mientras que la capa superior proporciona una metodología (basada en tres fases) para la recreación/desarrollo de un *objeto-sistema*.

La *partitura* es una herramienta de descomposición (análisis) y re-composición (síntesis). En A3 el análisis es la operación que considera las partes/componentes del todo (bien) y su interrelación mientras que la síntesis reúne las partes/componentes del todo interconectado y las integra como unidad. Como herramienta de análisis, A3 permite clasificar y estudiar los fondos de arte digital sistemáticamente. La generación de partituras

---

[282] Problema inherente a todas las áreas de ingeniería donde se aplican técnicas de solución digitales por lo cual es, a su vez, un objetivo estratégico de aplicación en muchos ámbitos.

[283] García, Lino. A3: Una metodología para el Arte Digital. I *Foro de Creatividad e Innovación Transversal*, Madrid, Abril 2010.

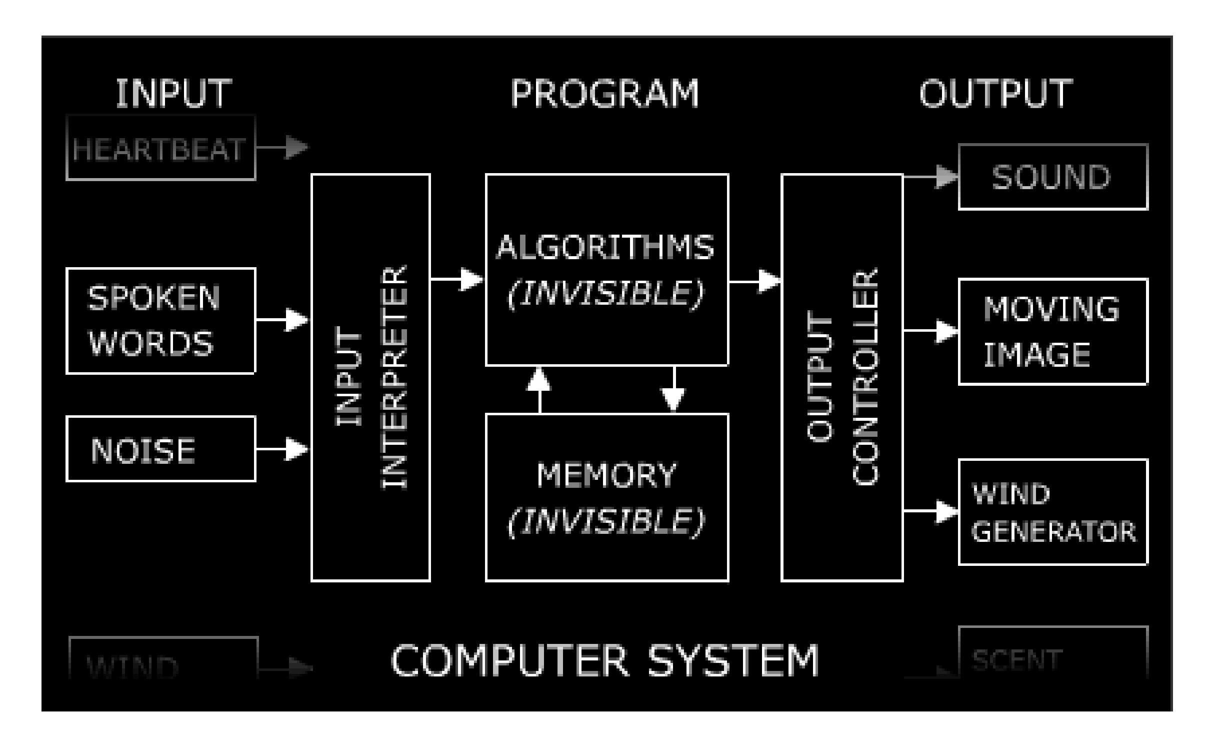
[284] *cfr.*, Anexo A – Metodologías.

visuales, desde el punto de vista de los sistemas complejos, se puede considerar como un proceso de ingeniería inversa que codifica los procesos de ejecución a partir del objeto. Como herramienta de síntesis, A3 permite la *recreación* de una obra con otras tecnologías, o simplemente su documentación y catalogación técnica para una Restauración adecuada.

Infraestructura tecnológica

Una obra de arte digital suele estar construida por muchas y variadas tecnologías, efímeras por naturaleza; por lo que, para predisponerla al paso del tiempo, es necesario adoptar una estrategia tecnológica que le permita *mutar*. La siguiente figura ilustra gráficamente un bien como *objeto-sistema*. Este enfoque centralizado, en el cual todas las entradas/salidas son procesadas/generadas por un único sistema, ha sido y es el más frecuente. Sin embargo no es apropiado para establecer un modelo general, universal, que responda a la *complejidad* del arte digital donde la información del estado y comportamiento del sistema generalmente es incompleta, existe incertidumbre y múltiples propósitos, se desconocen las restricciones impuestas en relación al sistema (controles, comportamiento, resultados finales), la estructuración es débil, la dispersión es considerable, etc. Para capturar toda esta complejidad es necesario desintegrar, a priori, este monolito y modelarlo como un sistema complejo, intrínsecamente distribuido. Un bien de arte digital, como *objeto-sistema*, es un *sistema complejo*.

Un *sistema complejo* contiene un gran número de *entidades* autónomas y heterogéneas (las partes constituyen bloques de construcción básicos: componentes, agentes, procesos, etc.) en *interacción*. Cada elemento o componente interactúa con el resto, directa o indirectamente, y estas interacciones afectan a otros elementos dando lugar a patrones de comportamiento del sistema global, difíciles de deducir, e inferir, incluso emergentes, en función de la estructura y comportamiento de las partes componentes.



51. Jim Campbell. *Formula for Computer Art*, 1996/2003. Disponible en: http://www.jimcampbell.tv/, [Consulta: 8-10-2010]. Modelo de Jim Campbell que ilustra gráficamente la relación *símbolo-sistema*: [obra digital]/[sistema que consume, procesa y produce información].

A diferencia de, tan solo una década atrás, la mayoría de las aplicaciones de ingeniería no solo producen sistemas predecibles, estables, controlables, precisos, transparentes, eficientes y confiables que satisfacen determinadas restricciones, estándares de prestaciones pre-especificados, en situaciones pre-especificadas, sino que interactúan con otros muchos sistemas geográficamente distribuidos, autónomos, independientes, tecnológica y funcionalmente diferentes, dando lugar a sistemas complejos escalables, flexibles, evolutivos, adaptables, elásticos, robustos, perdurables, seguros, auto-monitorizables y auto-reparables; más útiles, cuanto más ricos en comportamientos. Este es el paradigma fundamental de los *sistemas complejos*: en entornos ricos en problemas, un sistema complejo, con un repertorio rico en comportamientos, tiene mayor capacidad de descubrir una variedad de soluciones potenciales.

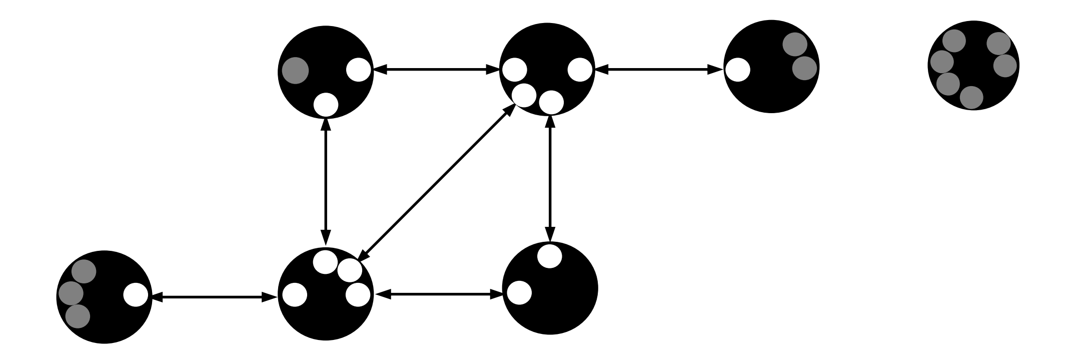
La desagregación, desde el punto de vista de los sistemas complejos, es una pieza clave para un buen diseño (re-diseño) porque permite un enfoque cuidadoso del sistema en término de sus partes o componentes e interacciones entre sí. Aunque clásicamente este es un proceso *arriba-abajo*, que se mueve lógicamente desde la funcionalidad deseada hacia un diseño que la implemente, en el contexto de los sistemas complejos se aplican más procesos del tipo *abajo-arriba* que buscan cómo implementar la funcionalidad deseada con la base de diseños disponibles o, más apropiado aún, aprovechando la propiedad de auto-organización de los sistemas complejos de adaptarse a nuevos comportamientos de forma autónoma.

El sistema de notación A3 se basa en el paradigma de los sistemas complejos. La infraestructura tecnológica se desarticula solo en dos elementos: *componentes* (*a*3.*cube*), e *interfaces de comunicación* entre componentes (*a*3.*nexus*) cuya interacción permite diseñar e implementar sistemas modulares, escalables, flexibles capaces de reproducir comportamientos complejos. La siguiente figura muestra un ejemplo de representación del sistema de notación[285].

Este esquema es una descomposición funcional independiente del HW/SW. Es muy probable que algunos de estos *a*3.*cubes* compartan el mismo hardware; pero es en la *superestructura metodológica* donde se distribuyen los recursos. La edificación de esta *infraestructura tecnológica* bajo las premisas del HW/SW libre y el uso de estándares/normas es una estrategia hacia una mejor construcción/resistencia arquitectónica modular y escalable. La funcionalidad del todo (sistema distribuido complejo), está determinada por la interacción de los componentes.

---

[285] La reprentación gráfica facilita una evaluación a primera vista de la complejidad del sistema; sin embargo, es posible una representación idéntica textual en términos de metadatos.



52. Infraestructura tecnológica de A3. Los círculos negros corresponden a los *a*3.*cubes* o *componentes*, los grises a los terminales (fuentes/sumideros-entrada/salida de datos al sistema, conexión con el exterior), mientras que los *a*3.*nexus* están formados por el conjunto de círculos blancos y las flechas de datos (correspondientes a la interfaz de comunicación y al canal de comunicación entre componentes respectivamente). **Izquierda**. Diseño distribuido. **Derecha**. El mismo diseño con la fórmula centralizada de Campbell. Incluso en este ejemplo se puede ver la modularidad y escalabilidad de la representación. Obsérvese que un componente, desde el punto de vista de A3, puede abstraer el comportamiento de otros componentes y así sucesivamente a diferentes escalas.

Cada componente, *a*3.*cube*, y esta es la clave fundamental, se considera una «caja negra» de la cual se sabe *qué* hace pero no *cómo* lo hace, reemplazable solo en la medida en que mantenga sus interfaces: *a*3.*nexus*. Cada *a*3.*cube* es autónomo e independiente. Esto es importante porque permite un desarrollo escalonado, e indirectamente la valoración presupuesto/inversión necesaria, el desarrollo en paralelo de diversos proyectos (que culmine con la integración total de todos los componentes), la reutilización de los módulos, etc.

La información digital se procesa en los componentes *a*3.*cubes* en término de *servicios*, en lugar de *funciones*, pero es la implementación de sus interfaces, *a*3.*nexus*, quien proporciona la capacidad de interacción y posibilita la construcción de sistemas distribuidos complejos. En una red de *a*3.*cubes* cada componente realiza determinados servicios (adquiere, procesa y genera información). Los componentes se interconectan/enlazan con diferentes mecanismos de comunicación internos (tuberías, colas, memoria compartida, *sockets*, etc.) y en distintas topologías de interconexión externas (bus, anillo, árbol, punto a punto, malla, etc.);

soporte con hilos o inalámbrico; redes puras, híbridas o mixtas (que combinan diferentes protocolos). En cualquier caso, se recomienda el uso de protocolos normalizados y la construcción de la interfaz a *nivel de aplicación* (según el modelo OSI de la ISO[286]). Pero la funcionalidad global, el todo, se consigue sincronizando/compartiendo/distribuyendo armónicamente todo este entramado de información/servicios.

Cualquier *a*3.*nexus* está formado por tres elementos: *interfaz*, *canal* y *protocolo* de comunicación y sirve para interconectar y transferir información entre dos *a*3.*cubes*. Un *a*3.*cube* es una unidad independiente de proceso formada por un complejo HW/SW.

Por *interfaz* de comunicación se entiende, generalmente, la abstracción que una entidad provee al mundo; lo que separa los métodos de comunicación al exterior con la operatividad interna de la entidad y, a su vez, permite cambiarla sin afectar en absoluto la manera con la que otras entidades interactúan con ésta. Las interfaces de usuario, por ejemplo, permiten al hombre comunicarse con los ordenadores. Para buscar páginas web mediante Google, basta escribir las palabras claves de lo que se quiere indagar, pinchar sobre el botón “buscar” para dar la orden y esperar, prácticamente nada, a que aparezcan las páginas de resultados. Google cambia la implementación de su motor de búsqueda continuamente, añade mejoras y refina los resultados, (solo es necesario observar los resultados devueltos por el buscador para darse cuenta), sin embargo su interfaz sigue siendo la misma, y abstrae al usuario del funcionamiento interno del buscador (que además ni siquiera es de su interés).

El *canal* de comunicación es el medio de transmisión que utilizan dos *a*3.*cubes* para comunicarse; el vínculo entre *emisor* y *receptor*. Cada canal solo es adecuado para determinado tipo de señal. Por ejemplo, la señal eléctrica se propaga bien por canales conductores como un par de cobre, pero no ocurre lo mismo con las señales luminosas. Un canal está definido

---

[286] Zimmermann, Hubert. OSI Reference Model–The ISO Model of Architecture for Open Systems Interconnection. *IEEE Transactions on Communications*. 1980, Vol. 28, No. 4, pp. 425-432. http://www.comsoc.org/livepubs/50_journals/pdf/RightsManagement_eid=136833.pdf; *cfr*. Anexo B – Tecnologías.

desde el punto de vista telemático por sus propiedades físicas: naturaleza de la señal que es capaz de transmitir, velocidad de transmisión, ancho de banda, nivel de ruido que genera, modo de inserción de emisores y receptores, etc. Para señales electromagnéticas se puede utilizar multitud de canales dependiendo de la frecuencia de las señales transmitidas: cables, el vacío (satélites), la propia atmósfera, etc. El canal puede, por lo tanto, ser inalámbrico (Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee, IrDA, etc.) o no (Ethernet, I2C, coaxial, fibra, etc.); admitir diferentes topologías: desde la P2P (punto a punto) hasta bus; de corto o amplio alcance; más o menos sensible al *ruido* (o a determinados tipos de ruidos), etc.

Por último el *protocolo* de comunicación es el conjunto de reglas que utilizan los ordenadores para comunicarse entre sí a través de una red. Un protocolo es una convención o estándar que controla o permite la conexión, comunicación, y transferencia de datos entre dos puntos finales. En su forma más simple, un protocolo puede ser definido como las reglas que dominan la sintaxis, semántica y sincronización de la comunicación. Los protocolos pueden ser implementados por hardware, software, o una combinación de ambos. El objetivo fundamental de cualquier protocolo es la transmisión libre de error.

La interfaz *a*3*.nexus* provee un mecanismo de descubrimiento y publicación de servicios (es una tecnología basada en servicios) y *comunica* a los *a*3*.cube* a través de algún protocolo universal en la capa de aplicación del modelo OSI. Los datos en *a*3*.nexus* se encapsulan en algún metalenguaje como XML (Extensible Markup Language), desarrollado por el World Wide Web Consortium (W3C), o LISP (List Processing Language). El sistema de notación formal propuesto por Rinehart podría ser un ejemplo. Lo más importante es *definir* las funciones básicas y universales a diferentes niveles (*generales*, por ejemplo a nivel de toda la comunidad de museos, instituciones patrimoniales, etc. y *específicas* para cada institución particular) y dejar la posibilidad abierta de extensión a funciones nuevas o específicas (*exclusivas*).

La infraestructura tecnológica no obliga al uso de tecnología alguna; solo establece el «modo» de utilizarla. Esta filosofía de interconexión es completamente independiente del *objeto-símbolo*. El artista es absolutamente libre de desplegar estéticamente toda su creatividad. Esta arquitectura en cambio, como *objeto-sistema*, ofrece un enfoque adecuado

de Restauración, *documentación*, *producción*, etc. Los componentes pueden incorporar, además, funciones administrativas que faciliten cada *montaje* e *instalación* y su eficacia durante todo el tiempo de *exposición* (la detección y recuperación-restauración de errores automáticamente, por ejemplo).

En la infraestructura tecnológica que provee A3 confluyen muchas áreas distintas de conocimiento dispersas[287]: cibernética, inteligencia artificial, realidad virtual, realidad aumentada, computación ubicua, electrónica, robótica, redes, Internet, programación, hacking, vida artificial, modelado y animación 2D y 3D, videojuegos, co-diseño HW/SW, prototipado, mecánica, control automático, etc. incluso aparentemente inconexas, que deben afrontarse desde un espíritu transdisciplinar. La estructura modular (al estilo de puzles que conectan entre sí) proporciona un alto nivel de reusabilidad.

Superestructura metodológica

La superestructura metodológica se divide en tres fases consecutivas: *modelo*, *diseño* e *implementación*, cada una de las cuales aporta información determinante para valorar la viabilidad de (*producción*/Restauración) del proyecto.

Modelo. Se puede asumir que un objeto (en el contexto arte, ciencia, tecnología y comunicación) es un sistema complejo que consume, procesa y produce información (probablemente de naturaleza audiovisual) cuyo límite queda establecido por las *fuentes* y *sumideros* de la información (intérprete de entrada y controlador de salida, respectivamente, en la *Fórmula* de Campbell) (ver figura 51). El primer paso de esta metodología es la creación de un modelo funcional/lógico del *objeto-sistema* en función de la información (como el ejemplo de la figura 53) en términos única y exclusivamente de la información y los *procesos* de transformación relacionados. Obsérvese que esta información no es perecedera.

---

[287] Los esfuerzos de inserción de estas enseñanzas como un todo coherente son tímidos y escasos. Un ejemplo de pproyecto fructífero en este sentido es el *Grado en Arte Electrónico y Digital* de la Universidad Europea de Madrid, aprobado por la ANECA en 2010. Disponible en: http://www.uem.es/titulacion/grado-en-arte-electronico-y-digital-comunicacion, [Consulta: 12-10-2010].

Una técnica de construcción de modelos que resulta apropiada para la especificación de requisitos (definición de datos, procesos y, con alguna alteración, dominios), es la técnica de análisis estructurado, de burbujas o de Tom DeMarco (con ampliaciones para tiempo real de Ward y Mellor, Hartley y Pirbhai)[288]. El análisis estructurado permite formular el problema en términos de flujos de datos y las transiciones de estado del sistema, representados en diagramas de transición de estados. Es posible considerar otras metodologías de representación orientadas a objetos como el *Lenguaje Unificado de Modelado* (UML). UML es un lenguaje de modelado gráfico para visualizar, especificar, construir y documentar un sistema en términos de sus *métodos* o *procesos*; ofrece un estándar para describir un "plano" del sistema (modelo), incluyendo aspectos conceptuales tales como procesos de negocio y funciones del sistema, y aspectos concretos como expresiones de lenguajes de programación, esquemas de bases de datos y componentes reutilizables. Se utiliza para definir y detallar los artefactos en el sistema y para documentar y construir. En otras palabras, es el lenguaje en el que está descrito el modelo. Sin embargo en un interés expreso de liberar la representación de los procesos de cualquier lenguaje en esta investigación se optó por la especificación gráfica descrita.

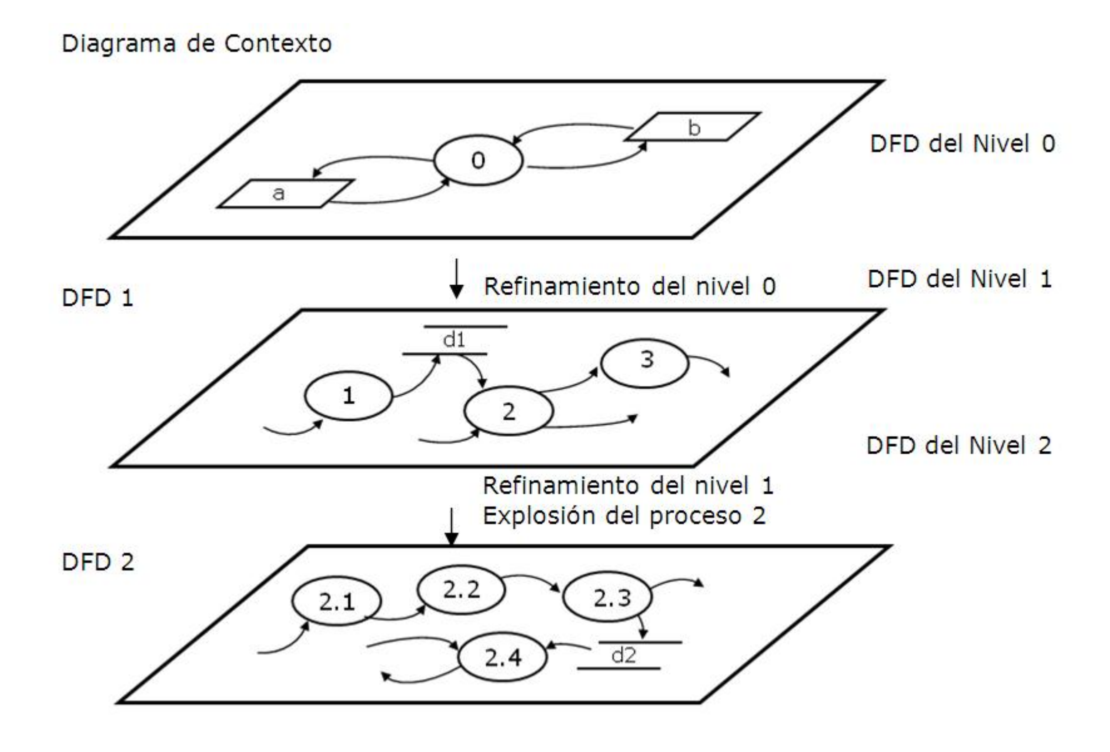
Los conceptos que utiliza la notación gráfica son básicos: Un *dato* es una entidad abstracta que porta información. Un tipo especial de datos es el de *control*, también denominado "suceso", porque se genera bajo ciertas condiciones. Cualquier *dato* puede ser *continuo* o *discreto* en relación a la manera en que cambia su valor o de *entrada* o *salida* en relación a un *proceso*. Los procesos modifican los datos o sucesos (en el caso de un *proceso de control*): consumen una cantidad de datos de entrada y producen una cantidad de datos a la salida. Las *unidades externas* establecen los límites del sistema, son las interfaces del sistema con el exterior (lo que no se va a modelar) y pueden ser de entrada o salida. Los *almacenes* o *contenedores* guardan datos, que pueden ser también de control y ser utilizados por uno o más procesos. Los *transductores* delimitan los dominios continuo y discreto del sistema a modelar. El *dominio* está relacionado con la naturaleza *analógica* ó *digital* de los datos. La *especificación de control* establece las condiciones en que se activan los

---

[288] Pressman, Roger S. *Ingeniería del software. Un enfoque práctico*. Madrid: McGraw-Hill, 2002.

procesos (por ejemplo, una máquina de estados. Un *estado* es cualquier modo de comportamiento observable)[289].

Cada *proceso* se representa como una burbuja y cada flujo de datos con una flecha. El primer paso es la definición de la *burbuja principal* o de *nivel cero* como un único proceso o transformación desde/hacia entidades externas. La clave está en representar la información que entra y la que produce la transformación. El segundo paso es un proceso de refinamiento de cada una de las burbujas en distintos niveles que representen un mayor flujo de información y un mayor detalle funcional y que concluye cuando no es posible subdividir más una burbuja. Cada burbuja recibe un nombre y un identificador único.



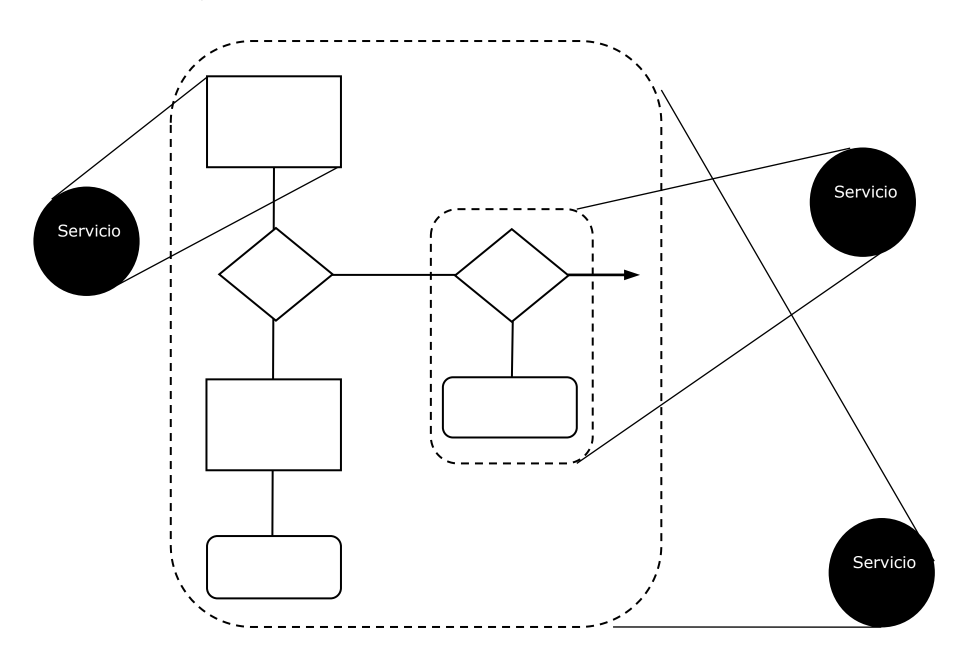
53. Diagrama de flujo de datos (DFD) multinivel.

---

289 Todos los detalles de la representación gráfica y de la metodología, en general, están disponibles en el Anexo A – Metodologías.

Cada nivel puede contener las burbujas que se considere necesarias. En el diagrama de nivel 1 cada uno de los procesos es una subfunción del sistema general del diagrama de contexto. Los flujos de datos también se deben etiquetar y mantener su consistencia (no pueden cambiar de nombre y deben ser únicos). Solo pueden aparecer como flujos de datos de entrada y salida en un diagrama, los flujos de datos que entran y salen a la burbuja del diagrama del nivel superior. Obsérvese que el empleo de esta técnica permite particionar problemas de gran tamaño de manera efectiva (funcionalmente), simple (gráficos) y consistente (sin lugar a equívocos e interpretaciones).

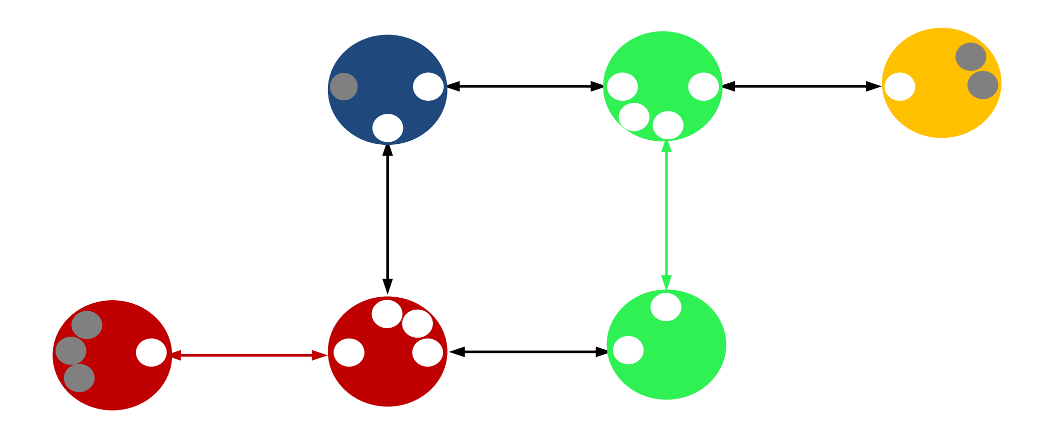
Diseño. La primera fase define el *qué* del sistema (qué hace, qué es), sin tener en cuenta el *cómo*. Esta segunda fase se puede entender como el planteamiento de la implementación distribuida del sistema modelado. Es aquí realmente donde un *objeto-símbolo* se convierte en un *objeto-sistema* y «*conservación* y *restauración*» en «*mantenimiento* y *reparación*». En esta fase se define la implementación del sistema en base a determinados recursos HW/SW contenedores de entidades *a*3.*cubes*, *a*3.*nexus* y es aquí donde resulta apropiado emplear técnicas de computación híbrida o, lo que es lo mismo, de co-diseño HW/SW.



54. Descripción algorítmica, asignación de *a*3.*cubes*, diseño de *a*3.*nexus*.

La figura anterior ilustra un procedimiento de generación de servicios. Un *servicio* es una *función* sin *estado*, auto-contenida, que acepta una(s) llamada(s) y devuelve una(s) respuesta(s). Los servicios no dependen del estado de otras funciones o procesos. La tecnología concreta utilizada para prestar el servicio no es parte de esta definición. Desde este punto de vista los procesos están más próximos a un componente mientras que los servicios pueden ser proveídos por la colaboración de diversos componentes y dependen de una gran cantidad de procesos. A partir del modelo (como el de la figura 53) se realiza una descripción algorítmica de los procesos (no es obligatorio pero sí recomendable hacerlo a nivel de burbujas indivisibles) y, a continuación, de manera más sencilla, se reparte/divide en servicios. La descripción algorítmica es independiente del complejo HW/SW, lenguajes de programación o soportes pero susceptible de determinada transcodificación, incluso híbrida. De la descripción algorítmica (ya sea gráfica o descriptiva) se podría generar el HW/SW específico y óptimo. Diseñar la implementación del sistema modelado es equivalente a definir el número de entidades *a*3.*cubes* necesarias para satisfacer estos servicios, sus funciones y sus respectivas interfaces de publicación *a*3.*nexus*. Con esta tecnología cualquier objeto original, probablemente un producto multidisciplinar, es susceptible de descomposición/formación en un determinado número de componentes *a*3.*cubes* que, como piezas de LEGO, encajan, a través de sus correspondientes *a*3.*nexus*, hasta conseguir determinada funcionalidad. Un *a*3.*cube* debe satisfacer al menos un servicio (de los representados) y se diseña fundamentalmente en base a dos criterios: funcionalidad y capacidad. Obsérvese que es posible formar componentes *a*3.*cubes* más complejos a partir de la unión de diversos *a*3.*cubes*.

Las ventajas de esta tecnología son múltiples: planteamiento distribuido del sistema (mayor robustez, optimización de los recursos, aislamiento funcional, etc.), interfaces universales (cada módulo exporta, en un lenguaje común, cuáles son los servicios que dispensa y el protocolo para su uso). Es precisamente el uso de estas tecnologías lo que imprime un carácter *modular* y *escalable*. Modular porque cada componente (entendido como módulo) oculta el "cómo lo hace" y aporta el "cómo interacciona" lo que hace posible su fácil reutilización, sustitución y reciclaje y los módulos comparten relativamente poca información. Escalable porque cada entidad es un subsistema que interactúa con otras entidades para formar subsistemas más complejos capaces de realizar metafunciones y de interactuar con otros.



55. Ejemplo de distribución del sistema en cuatro plataformas HW/SW; cada una representada por un color diferente. La roja y verde contienen dos *a*3.*cubes*, mientras que la azul y amarilla uno solo. La comunicación, *a*3.*nexus*, entre los *a*3.*cubes* que comparten la misma plataforma (rojo, verde) es *virtual* y se realiza vía software, mientras que *a*3.*nexus* que enlazan plataformas diferentes requieren de un enlace de comunicación físico.

La clave de esta economía la aporta el empleo de *a*3.*nexus*. El trabajo coordinado de componentes *a*3.*cubes*/*a*3.*nexus*, garantiza la distribución: desde el punto de vista de complejidad, funcionalidad, seguridad, etc. y esto es precisamente distintivo respecto a otras tecnologías.

Un sistema computacional complejo, compuesto por varios *a*3.*cubes*, se puede considerar como una única entidad que ofrece un mayor número de servicios. La definición de los *a*3.*cubes*, en este caso, depende, tanto del proyecto en sí, como de la capacidad de reutilización deseada. Por lo general, la capacidad de reutilización disminuye cuanta más funcionalidad ofrece un solo *a*3.*cube*, pero también es cierto que, *a*3.*cubes* que ofrezcan muy poca funcionalidad y de muy bajo nivel, estarán altamente acoplados a otros *a*3.*cubes*.

La figura anterior ilustra un ejemplo de notación. El sistema de cómputo centralizado de la *Fórmula* de Campbell se transforma en un sistema complejo formado por cuatro subsistemas de cómputo, dos intérpretes de entrada y uno de salida que interactúan entre sí para conseguir determinado comportamiento.

Implementación. En esta fase (mecanismo de síntesis que provee la metodología) se planifica el desarrollo de cada componente y su interfaz: co-diseño hardware/software adecuado para satisfacer los servicios de cada *a*3.*cube*, definición/implementación de cada *a*3.*nexus*, e integración del sistema. Es aquí donde se «materializa» el *objeto-sistema*.

La implementación es una fase transdisciplinar susceptible de paralelizar. La metodología para el diseño y desarrollo de proyectos transdisciplinares (MPT) en la que se basa A3, inserta la implementación en procesos educativos transdisciplinares mediante, por ejemplo, técnicas de aprendizaje cooperativo basado en proyectos (ABP) [290]. Estas técnicas están diseñadas según cuatro pilares: *aprender a conocer*, *aprender a hacer*, *aprender a vivir juntos* y *aprender a ser*; para que los desarrolladores puedan desarrollar proyectos en grupo; aprendiendo según avanzan; con un conocimiento incompleto del problema; para integrar conocimientos y habilidades de diferentes áreas y resultan idóneas para el desarrollo de proyectos transdisciplinares (naturales en el ámbito del arte digital) pero aunque MPT se diseñó expresamente para insertarla en el entorno académico no es particular ni exclusiva a éste. Cada proyecto se puede desarrollar y evaluar independientemente y sincronizar e integrar con el resto para conformar el todo.

La elección de las herramientas HW/SW, incluídas las de comunicación, influyen en la vida útil de cada componente; sin embargo, cualquier componente, y este es uno de los pilares de la *recreación*, es susceptible de sustitución sin afectar el comportamiento global del sistema. Es muy importante proveer servicios genéricos de administración/mantenimiento que faciliten la labor de Restauración como validación/verificación del componente (en término de sus partes), registro/rastreo de errores, obtención de estadísticas de fiabilidad/[tasa de fallos], sincronización, medición de la calidad de servicio, vigilancia del funcionamiento en tiempo real (tiempo máximo/promedio de respuesta, tiempo de ocio, etc.). A un nivel de abstracción más alto es posible dotar a cada componente de mecanismos de reorganización y adaptación que permitan evolucionar a la

---

[290] García González, María N. *Metodología de aprendizaje activo para la comunicación: técnicas para el conocimiento a través de la resolución de problemas (PBL).* Madrid: Editorial Fragua, 2007.

obra (añadir/redefinir funcionalidades, aumentar la complejidad, adquirir conocimiento, etc.).

Conclusiones

La *recreación* introduce ruido pero éste es irrelevante si no se convierte en índice[291]; si es perceptualmente insignificante y esto es lo que le distingue fundamentalmente del resto de estrategias en cuanto preserva la identidad perceptual y, por lo tanto, simbólica; permite una intervención funcional progresiva; actúa sobre el *objeto-sistema* para preservar el *objeto-símbolo*. Cada componente (*a*3.*cube*) es reemplazable, independientemente, siempre que se respeten sus interfaces (*a*3.*nexus*) ya sea por mal funcionamiento, fallo o necesidad de adaptación a nuevas tecnologías. La conservación de bienes *activos* solo puede ser *evolutiva*. Solo se puede garantizar la permanencia a través del cambio.

En general, A3 proporciona una metodología transdisciplinar basada en el paradigma de los sistemas complejos que permite abordar cualquier objeto, por complejo que sea; descomponerlo funcionalmente según los datos (sin fecha de caducidad); documentarlo de manera sistemática (con un sistema de notación gráfico que absorbe las relaciones, procesos y servicios); prepararlo (en un formato universal) para su conservación; emitir una valoración cuantitativa (en términos de presupuesto; lo que puede ofrecer ayudar a decidir, incluso, la viabilidad de su conservación); plantear su desarrollo (Restauración íntegra o por partes) en un conjunto de subproyectos en paralelo (facilitando la colaboración institucional); sincronizar e integrar el desarrollo de los subproyectos en la consecución del objeto. Tales desarrollos podrían generar una base de datos o colecciones de entidades *a*3.*cubes* *a*3.*nexus* que, debido a la reusabilidad, facilite enormemente vías de abordar nuevos proyectos de Restauración (su propia naturaleza modular, escalable y universal, puede favorecer su adopción en un estándar, *de facto*, de interconexión e integración abierto), etc.

---

[291] Peirce, Charles S. Logic as Semiotic: The Theory of Sign, en Buchler, Justus (Ed). *Philosophical Writings of Peirce*. New York: Dover, 1955. Según Peirce "cualquier cosa que atraiga la atención es un índice".

El mejor escenario para la Restauración requiere de un *modelo* exhaustivo y completo, un *diseño* distruibuido robusto y flexible y una herramienta de *implementación* «automática» capaz de generar el *objeto-sistema* abstracto según la(s) combinación(es) elegida(s). Esta «implementación asistida» permitiría actualizar las «cajas negras» (componentes) que se requieran, en el momento oportuno, con solo «configurar» correctamente los elementos tecnológicos que sirven de materia prima: hardware, software, sistema, información, comunicación.

La *conservación evolutiva* es un mecanismo de adaptación artificial al entorno a largo plazo que absorbe la mutación temporal de la obra[292]. Basa "la permanencia en el cambio" pero con una estrategia, la *recreación*[293], de evolución del *soporte* que funciona como *estructura* sin alterar la *imagen* del bien que funciona como *aspecto* útil, fundamentalmente, para bienes sensibles a la obsolescencia tecnológica. Esto concepto traspasa las fronteras del arte digital al arte contemporáneo.

Una instalación de Flavin, sin la estrategia de *sustitución* es imposible de conservar; pero incluso la propia *sustitución* puede plantear la paradoja de Teseo. ¿Si se cambian todas las lámparas seguirá siendo la misma instalación? La *reinterpretación*, otra altenativa posible, está obligada a utilizar tubos de distintas dimensiones a las originales y diferentes propiedades lumínicas. Sin embargo, la *recreación* podría intervenir un tubo original con tecnología actual pero emulando su comportamiento original; la tecnología ha madurado lo suficiente para ello. Téngase en cuenta que la mínima anomalía de una lámpara exige el cambio de todas para garantizar un nivel de luminosidad uniforme.

La lectura hermenéutica de las teorías clásicas de Restauración debe ceder a una exégesis desprejuiciada. La multidimensionalidad del arte condiciona las actividades relacionadas con la transmisión al futuro del bien

---

[292] Si en el *aislamiento* y la *congelación* la dimensión temporal tiende a cero en la *recreación* tiende a infinito.

[293] García, Lino. Recreación: Una estrategia de conservación evolutiva. ARTE CONTEMPORÁNEO EN (sala de) GUARDIA, *Jornadas sobre investigación y nuevas prácticas en la conservación de obras de arte contemporáneo*. Buenos Aires, Septiembre 2010.

(*durabilidad*) ya sea a corto o largo plazo. El propio concepto fuerza a minimizar la acción involuntaria de la cuarta dimensión a pesar de los efectos colaterales de su introducción voluntaria (*temporalidad*). La solución a esta tensión, hacia el fin-hacia el principio, se traduce en decisiones[294] interdisciplinares. La cuestión, como propone Baer es:

> no podemos comernos nuestro pastel cultural y guardarlo al mismo tiempo. Es solo una cuestión de comerlo ahora o después[295].

---

[294] Muñoz, *Teoría de la Restauración Contemporánea*, *op. cit.*, p. 178. "[La teoría contemporánea de la Restauración] No alienta más revolución que la que es comúnmente sentida: La revolución del sentido común".

[295] Bar, Norbert S. Does conservation have value? en Burchensen, K. (Ed). *25 Years School of Conservation: The Jubilee Symposium Preprints*, Copenhagen, 1998, pp. 15-19. *cit*. en Muñoz, *Teoría contemporánea de la Restauración*, p. 171.

CAPÍTULO IV

CASO DE ESTUDIO

No ves que espero resucitar
mientras miras esos ojos de videotape

Charly García

El *videoarte* es el medio por defecto del arte contemporáneo[296] y, en consecuencia, su Restauración es, sin duda, la que mayor atención ha recibido[297]. No así la *videoinstalación* que, pese a que comparten el mismo medio, la estructura escultórica forma parte de la *imagen*. Ambas prácticas dependen de los desarrollos técnicos audiovisuales como ninguna otra a causa del *formato* (correspondientemente el *medio*) y la *máquina* (y todos los *procesos* asociados capaces de «leer» el *formato*) que alberga los *datos* y *procesos*, respectivamente y que funciona como *estructura*. Ambos, *formato* y *máquina*, son obsolescentes por naturaleza.

La *imagen* siempre contiene un elemento virtual, intangible, inmaterial y la *estructura*, en gran parte analógica, debe «sobrevivir» en una «era digital». La percepción de la parte inmaterial de la *imagen* es subjetiva por

---

[296] Foster, Hal. Round Table. The Projected Image in Contemporary Art. *October*. The MIT Press Journal. 2003, No. 104, p. 93.

[297] Laurenson, Pip. The Conservation and Documentation of Video Art en *Modern Art: Who Cares?* Eds. Ysbrand Hummelen and Dionne Sillé (Amsterdam: Foundation for the Conservation of Modern Art and the Netherlands Institute for Cultural Heritage, 1999), p. 264. La Tate Gallery de Londres ha desarrollado protocolos de conservación que han adoptado la mayoría de las instituciones de la red de europea de museos. Otros referencias: Hocking, Sherry Miller. The Tapes Are Disappearing: Video Preservation, Video Pioneers, Video History. *Squealer 13* (spring/summer 2002) y Real, William. Toward Guidelines for Practice in the Preservation and Documentation of Technology-based Installation Art. *Journal of the American Institute for Conservation*. 2001, 40, p. 214. La *Bay Area Video Coalition* (BAVC) publicó el DVD interactivo *Playback: Preserving Analog Video* (San Francisco, 2003), una guía práctica para curadores y conservadores.

naturaleza; sin embargo, su conservación tiene un componente objetivo ineludible y poco explorado. El caso de estudio de la obra *6 TV Dé-coll/age*, de Wolf Vostell, permite investigar y poner en práctica la estrategia de *conservación evolutiva*: *recreación*.

Videotecnología

La conservación y restauración del *videoarte* es, sin duda, la más prolífera y difundida respecto a la del resto del arte mediático; hecho que ofrece una excelente oportunidad para contrastar la estrategia aplicada con otras prácticas de Restauración. El vídeo depende de los desarrollos técnicos audiovisuales como ningún otro *medio* artístico[298], por lo tanto, cualquier estrategia de conservación debe debilitar esta ligazón tecnología-percepción. El videoarte, como «objeto» patrimonial, tiene una peculiaridad: solo el *soporte* es materia. La *estructura* está compuesta únicamente por *datos* (ordenados según determinado *formato*) y *procesos*, imbuidos en la máquina de visualización, y un *soporte* que actúa como contenedor o *medio* (componente físico) de los datos; la *imagen* es inmaterial. No así la *videoinstalación* que, pese a que comparten el mismo medio, tiene el añadido estructural escultórico. La *máquina* forma parte de la *imagen*[299]. Las obras de videoarte y videoinstalación a las que se refiere este capítulo son *estáticas* (aún cuando están basadas en el tiempo) en cuanto no sea alteran en respuesta a determinada interacción o a su entorno.

La fuerte dependencia del vídeo, como medio, con la tecnología, se debe a dos factores fundamentalmente. El primero es el *formato* de la información (*datos*). Las señales de vídeo normalmente se «almacenan» en

[298] Martin, Sylvia. *Videoarte*, Taschen GmbH, 2006, p. 10.

[299] La máquina de visualización está compuesta por un conjunto de televisores, monitores o proyectores; dispositivos de grabación y reproducción; de captura de imágenes (webscams, cámaras de videovigilancia, etc.); de difusión, edición, postproducción, etc.; todos ellos altamente sensibles a la obsolescencia tecnológica. Es necesario apuntar que la *imagen*, desde el punto de vista conceptual, no es solo visual y representa igualmente al sonido. La imagen se puede definir como el vehículo de conexión sensorial de la obra con el espectador.

un medio después de pasar algún proceso de *codificación*[300]. Lo segundo es la *máquina* diseñada para *decodificar* ese *formato*. Ambos, *formato* y *máquina*, son inestables y caprichosos[301]. Los formatos suelen incluir un proceso más al de codificación de la señal de vídeo: la *compresión*, que reduce la dinámica de la señal (normalmente con pérdidas siguiendo un modelo perceptual) para abaratar costes de producción y distribución del material audiovisual[302]. Por ejemplo el vídeo analógico monocanal se graba en una cinta magnética mediante un videograbador para ser reproducido en un reproductor y visualizado en un televisor que responda a la misma tecnología; como puede ser VHS/PAL.

Desde el punto de vista de formato la migración puede ser la estrategia "ideal" de conservación: el video o película se almacena en un formato "universal" que posibilita la exportación al formato "requerido" (según la disponibilidad). Tal universalidad se justifica por un proceso de codificación-decodificación óptimo a la *migración* y la ausencia de cualquier tipo de compresión-descompresión con pérdidas. Pero en el dominio analógico

---

[300] La codificación es imprescindible para adecuar la señal al soporte de grabación. El vídeo se compone de una secuencia de tramas que registran un campo magnético proporcional a las variaciones de la intensidad de la luz (el color es un caso particular en el cual se descompone la intensidad de la luz según sus colores primarios: rojo, verde y azul y se graban independientemente). Es necesario conocer dónde empieza cada trama, cuántas líneas horizontales tiene, dónde acaba, etc. lo que, debe corresponder con determinado sistema de televisión: NTSC, PAL, SECAM, etc.

[301] Hemos sido testigo de un desfile de formatos que no precisamente siguen una línea técnica ascendente. VHS se impuso como formato de distribución de video frente al Betamax a pesar de su inferior calidad. La última guerra del formato de reproducción de películas en alta definición Blu-Ray de Sony contra el HD-DVD de Toshiba dividió a la industria del entretenimiento y evidenció el papel de estas fuerzas telúricas en el "progreso" tecnológico. Entre el HD-DVD y el Blu-ray no hay ninguna diferencia de calidad; simplemente se impuso un criterio entre comercial e industrial por el apoyo al Blu-ray de un mayor número de estudios y fabricantes.

[302] Cualquier proceso de compresión requiere el proceso complementario de descompresión al igual que la codificación/decodificación. La implementación habitual del proceso de compresión-descompresión es mediante *codecs*. Estos pueden ser hardware, software o una mezcla de ambos, actualizables o no, propietarios o libres, y normalmente forman parte de la máquina de visualización.

cualquier copia implica intrínsecamente una pérdida de información y, por lo tanto, de calidad de la *imagen*[303].

El "problema" de las máquinas es mucho más difícil de resolver porque no es posible conservar equipamiento óptimo suficiente para el momento en que se requiera. La solución más popular consiste en migrar periódicamente al formato tecnológico "en curso". Esto presupone que la calidad del formato *destino* debe ser siempre mayor que la del formato *fuente* y que no habrá pérdida perceptual en la calidad de la imagen[304].

El mundo analógico, sin embargo, desaparece con fecha de caducidad muy próxima (desde el 1 de enero de 2010 no existe en España televisión analógica; la extinción programada de las tecnologías de adquisición, edición y postproducción de vídeo analógico se acelera con el paso del tiempo) y con ello se extinguen obras, se acelera la obsolescencia de otras e incluso de las colecciones más emblemáticas.

"En ausencia de una intención constatada del artista, impera errar hacia la permanencia" escribe Coddington[305]. Las instituciones están obligadas a hacer cualquier esfuerzo para preservar las obras efímeras. ¿Qué hacer entonces cuando no sea posible reemplazar un tubo de rayos catódicos (CRT, Cathode Ray Tube), cuando no exista ni siquiera en anticuarios determinado modelo de televisor o monitor, cuando se acerque el tiempo de vencimiento de una pieza y no haya repuesto? ¿Qué hacer con las obras que se alimentan de la televisión analógica? En definitiva, ¿qué hacer respecto a la "obsolescencia planificada"?[306]

---

[303] Los formatos analógicos más comunes son el VHS, U-MATIC y Beta SP.

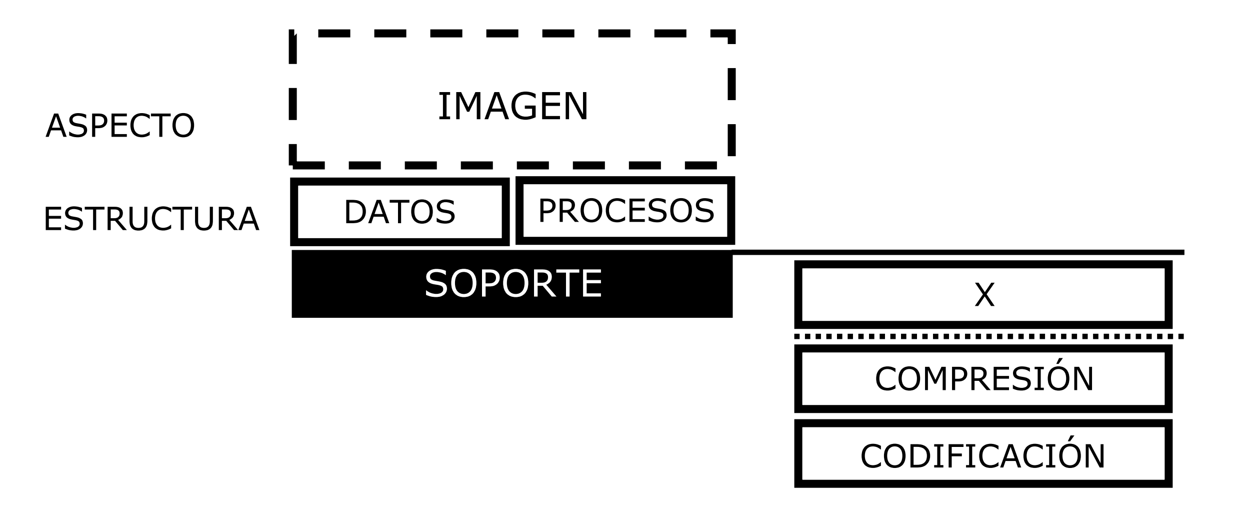
[304] Solo desde un formato fuente sin codificación con pérdidas es posible preservar la calidad perceptual de la imagen.

[305] Coddington, James. The Case against Amnesia, in *Mortality Immortality*? en Corzo, Miguel (Ed). *The legacy of 20th-century art*. Los Angeles: Getty Conservation Institute, 1999, pp. 19-26.

[306] Marchan, Simón. *Del Arte Objetual al Arte de Concepto*. Madrid: Akal, 1986, p. 14.



56. Nam June Paik. *V-yramid*, 1982.



57. "Objeto" de restauración para videoarte y videoinstalación. Solo el soporte, que constituye el medio (*máquina*, *formato*), y el conjunto escultórico de la imagen (en la videoinstalación) es materia. La conversión del vídeo en datos y viceversa se realiza por procesos estáticos, sobre los que generalmente, se tiene poco control como son la compresión y codificación. El proceso dinámico X es independiente del medio.

La figura anterior representa las particularidades del modelo conceptual del videoarte y la videoinstalación como "objeto" de Restauración. El soporte se relaciona comúnmente con el medio y con la máquina (el equipamiento de visualización); es materia y, por lo tanto, objeto de conservación tradicional. El bloque procesual, intangible, compresión/descompresión-codificación/descodificación es funcionalmente estático y fuertemente dependiente de la máquina de visualización. El proceso **X** es opcional y sirve para "ecualizar" los desajustes del sistema: corrección de la imagen, compensación de la calibración, etc.

Afortunadamente, durante la tercera revolución industrial se desarrolló el corpus teórico y tecnológico que hace posible representar la información analógica en digital sin pérdida de información. Este hecho colocó a la *migración* como la estrategia ideal de conservación al permitir la transcodificación de obras y colecciones al nuevo dominio digital preservando su esencia aspectual: la percepción de la imagen[307]. La

[307] Por esa razón la Tate Gallery realiza una *copia* digital de cada obra que adquiere a su colección. Material que es posible *replicar* o *clonar* infinitamente. Algunos museos incluso

importancia trasciende la conservación y restauración de las obras de videoarte y videoinstalaciones a su exposición, documentación y modo de producción. Ambas manifestaciones, *videoarte* y *videoinstalación*, que en el mundo analógico nacieron y se desarrollaron en el ámbito del *arte de los medios* son ahora parte del patrimonio digital, son *nuevos medios*[308].

Para el *videoarte* solo es importante la *imagen* que funciona como *aspecto*; el *soporte*, que funciona como *estructura*, ajeno al *medio*, es accesorio. Parece irrelevante la *máquina*: el monitor, proyector o sistema de reproducción a utilizar. Para la *videoinstalación*, sin embargo, el *soporte* (o parte de él) es parte de la *imagen*. Para ambos, existe una serie de factores externos relacionados entre sí que influyen en el *aspecto* de la obra y deben ser tenidos en cuenta como parte del mecanismo de documentación y Restauración: el *equipamiento*, el *entorno*, la *percepción* de la imagen y el sonido, etc.

Cada obra presenta un problema diferente para el “conservador”[309]. Como bien cultural o patrimonial que es exige una suerte de investigación forense. Solo la evaluación objetiva, medible, cuantificable, de todos los factores (siempre que sea posible) evitará ambigüedades e interpretaciones subjetivas. Sin embargo en el caso concreto de estas dos prácticas: *videoarte* y *videoinstalaciones*, dada la gran cantidad de aspectos tecnológicos que comparten, es posible reutilizar procesos y conclusiones de unas intervenciones en otras generando conocimiento que pueda llegar a formar un corpus sistémico.

---

compran una copia y dejan en manos del artista la responsabilidad de conservar el *original* o copia *maestra*.

[308] Manovich, *op. cit*, p. 72.

[309] Romano, Gustavo. 10 preguntas abiertas sobre conservación de arte electrónico. Seminario *Conservación del Arte Electrónico ¿Qué preservar y cómo preservarlo?* Espacio Fundación Telefónica. Buenos Aires, Abril 2008, p. 2.

Medio

La conservación del *medio* requiere la migración al dominio digital y es una ya una práctica habitual y consensuada en la red de museos. El *soporte* digital como *medio* tiende cada vez a ser más inmaterial. Es mucho más barato y seguro guardar *datos* (como la información codificada de un vídeo) y *procesos* en servidores de datos distribuidos por el mundo (al menos en una red de museos global) que en costosos y enormes almacenes con todas las variables que afectan la obsolescencia controlada: temperatura, humedad, etc.

Los *datos* se deben «conservar» conjuntamente con su *formato* (en forma de metadatos) y sin ningún tipo de transformación. La digitalización es un protocolo bien documentado. Los *procesos* se deben conservar desde el nivel más alto de abstracción (para facilitar su actualización a otra tecnologías) hasta el más básico (el que funciona con la tecnología "actual").

Equipamiento

Aún cuando la *imagen* esté contenida en el *formato* "ideal" (en términos de compresión-codificación) solo una correcta calibración de la máquina de visualización puede *certificar* el *aspecto* que desea el artista[310]. Sin embargo este procedimiento solo es útil si la obra ha sido creada en un entorno correctamente calibrado lo cual es responsabilidad del artista. En cualquier caso es posible incluir, en la máquina de visualización, un proceso X que corrija tal desajuste pero es un trabajo que debe ser *certificado* por el artista[311]. El *proceso* inmaterial que resulta es entonces parte del objeto de conservación.

---

310 En más de una ocasión el artista al ver su obra expuesta no la *reconoce*. La disconformidad se debe al cambio de apreciación. En Villaescuerna, *op. cit.*, p. 121, se plantea la necesidad de documentar "los requerimientos de la obra para su montaje o exhibición: dimensiones, descripción y calidad del espacio, tamaño de la pantalla, distancia de proyección, resolución, compresión… de la imagen, tipo de sonido, etc.".

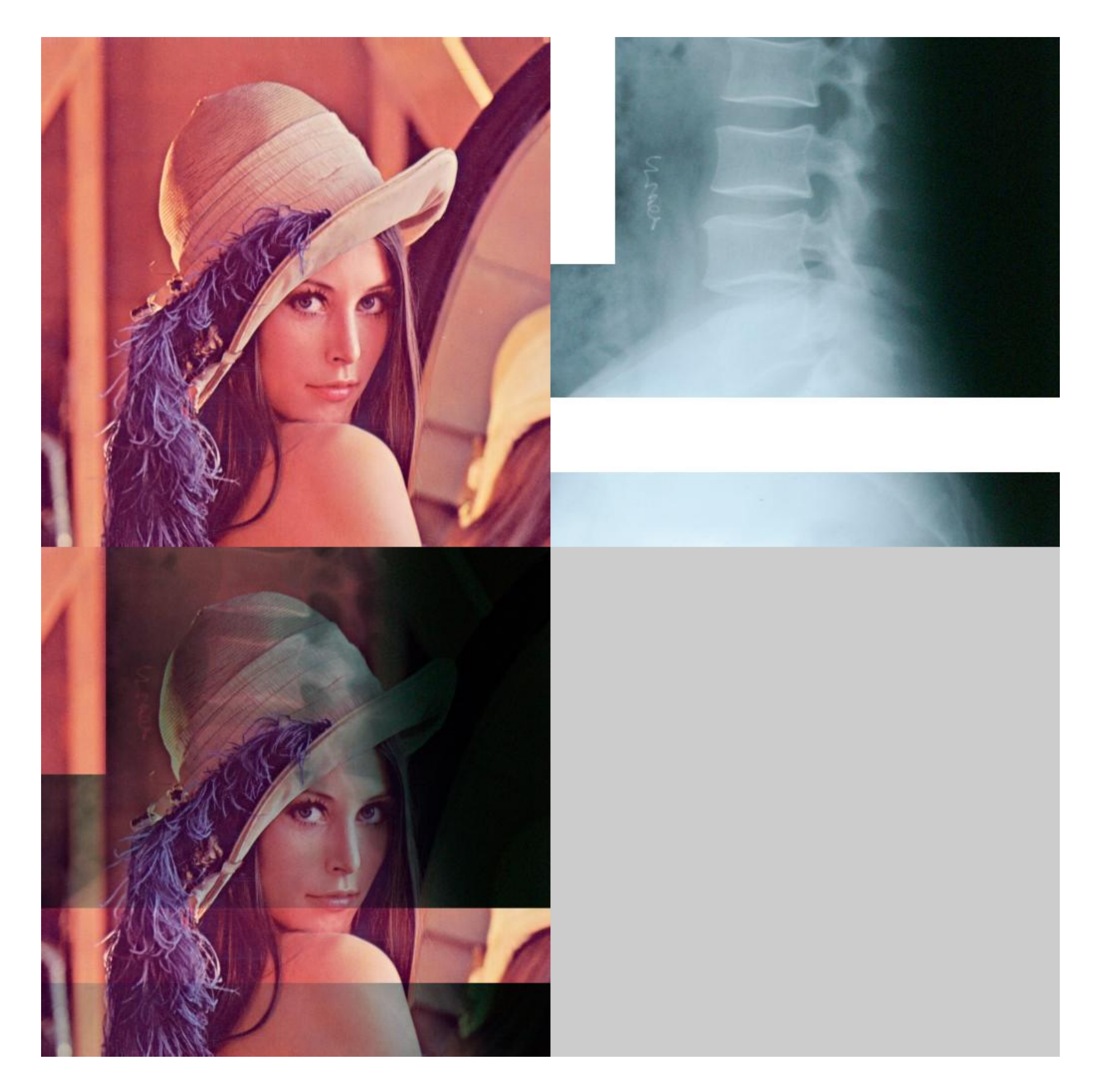
311 Si se dispone de una imagen de referencia con la conformidad del artista la transformación de corrección de la calibración (proceso X) se puede hacer de manera adaptativa, en caso contrario se deberá seguir un proceso de prueba y error guiado por la aceptación perceptual del artista o un procedimiento objetivo de calibración "tradicional".

El equipamiento es el elemento más sensible a la obsolescencia y salvo en aquellos casos que no funcionen como elemento escultural, no forme parte de la *imagen* que funciona como *aspecto* o creación audiovisual, no tenga un peso estético, o sea expresamente indicado por el artista, no deberá ser objeto de conservación. Es la *idea*, en la mayoría de las ocasiones, lo único que se debe preservar[312].

Aunque las videoinstalaciones, entendidas como instalaciones de imágenes en movimiento estables, se desarrollaron desde los 1980s y en particular durante los 1990s, ya desde 1960s y 1970s tuvo lugar una redefinición radical del arte que reemplazó los objetos discretos por una manera de hacer arte efímera, basada en procesos que permitió el desarrollo del *videoarte*[313]. Aquellas primeras obras electrónicas, analógicas, se exponen desde entonces sin que, probablemente, nadie recuerde cuál fue su aspecto inicial. Las horas de exposición de los CRTs y el desgaste de toda la circuitería electrónica, en general, habrán influido de manera notable. En realidad lo que se está conservando no es, desde este punto de vista, el “original” y, si no imposible, es muy difícil conseguir, mediante un proceso de Restauración, las condiciones iniciales de la obra.

[312] Côté, Michel. De la obra maestra al objeto: sacralización y desacralización en el Museo. *Museum Internacional* 218 UNESCO, París, 2003.

[313] Iles, Chrissie y Huldisch, Henriette. Keeing Time: On Collecting Film and Video Art in the Museum, en Altshuler, Bruce (Ed). *Museums and Contemporary Art: Collecting the New*. New Jersey: Princeton Univeersity Press, 2005, pp. 65-83.



58. Televisor comercial "preparado" (TVP). La imagen permanece inmutable, sin embargo, ahora todo el soporte es digital. **Izquierda**. **Arriba**. Imagen original de prueba. **Abajo**. Imagen con máscara aplicada. **Derecha**. Máscara que simula la manipulación del CRT. En las bandas vertical y horizontal no se aplica la máscara.

La figura anterior muestra la simulación de un televisor analógico convencional de los años 1980s *preparado*[314] para comportarse idénticamente de manera perceptual y un ejemplo de posible proceso X de transformación de la imagen. La *imagen* no cambia, solo el soporte material, pero invisible, que subyace en la estructura. Tecnologías como esta permitirían exponer indefinidamente muchas videoinstalaciones. Incluso determinadas manipulaciones hechas a la imagen por procedimientos manuales sobre tubos de rayos catódicos podrían ser reemplazadas por procesos Xs sobre los datos de vídeo, antes de convertirse en imagen[315].

Entorno

Las afectaciones del entorno se pueden reducir a dos factores fundamentalmente: la *iluminación* y el *espacio* arquitectónico. Ambas relacionadas inevitablemente por el espacio físico. Una adecuada iluminación de la estancia donde se visualice la obra debe garantizar, en términos perceptuales, la satisfacción del artista. Sin embargo, es poco práctico describir la iluminación en términos de número de focos, colocación e intensidad teniendo en cuenta que será relativa al espacio arquitectónico. Un enfoque más objetivo, cuantificable, sería definir la iluminación (en la documentación de la obra) en términos de intensidad luminosa (lumens) en determinados puntos del espacio respecto a la obra. Valores medibles que no dependen del espacio; será responsabilidad del museo el diseño de la iluminación que satisfaga estos criterios.

Respecto al espacio arquitectónico es necesario definir la relación de la obra y su entorno en términos “relativos”. Al igual que con la iluminación no tiene sentido especificar los detalles de instalación para determinado espacio porque éste es variable.

---

[314] El término “preparado” es introducido por mí como un homenaje a John Cage.

[315] Ejemplos de obras susceptibles a estos tratamientos son: *Untitled-Display System for Laser Burned Vidicon Tubes*, de Mary Lucier o *TV Weave*, de Eugènia Balcells.

Percepción

La percepción adecuada de la imagen está directamente relacionada con un equipamiento calibrado, y un entorno que garantice una exposición correcta de la obra, desde el punto de vista de colocación/observación espacial como de la iluminación. El calibrado es un procedimiento completamente estandarizado y libre de interpretaciones subjetivas. En caso de que sea imposible contar con la colaboración del artista en este proceso de "certificación" es necesario aplicar el criterio de especialistas e investigadores que conozcan a fondo su obra, posean suficiente documentación gráfica de calidad, etc.

La percepción correcta del sonido depende fundamentalmente de la acústica de ambos entornos: el de *producción* y el de *exposición* de la obra y es un problema más complejo. La calibración es una posible línea de trabajo que consiste en proyectar el espacio acústico de exposición de manera tal que el sonido creado en el espacio acústico de producción "suene correctamente". Sin embargo los artistas rara vez poseen este espacio ideal y lo más probable es que no produzcan el sonido en estudios especializados. Póngase por ejemplo una obra que utilice los altavoces del propio aparato de televisión y se desarrolle en el estudio del artista (por ejemplo una nave o espacio "grande"). Nadie puede asegurar que esta pieza sonará igual aún cuando el entorno de exposición esté exquisitamente acondicionado acústicamente.

Otro enfoque posible es intentar cuantificar estas calidades. Un parámetro acústico muy importante que influye en la percepción de un sonido es el *tiempo de reverberación*[316] pero, aunque medible y reproducible (por el proceso X), es un parámetro grosero que no tiene en cuenta la sutileza de la inteligibilidad y calidad del sonido. Existen muchos estudios sobre cómo medir o evaluar objetivamente la *calidad* del sonido desde el punto de vista perceptual pero es necesario un estudio más específico para definir cuál de estas variables o combinaciones de ellas resulta más útil a este fin. Suponiedo conocidas, medibles y documentadas estas variables queda otro problema por resolver: el de imponer la acústica

[316] El tiempo de reverberación se define como el tiempo en que la energía del sonido cae a una millonésima parte desde que deja de excitar la sala.

del entorno de *producción* al de *exposición*. Esta es una línea de investigación abierta que sugiere la deconvolución[317], mediante un proceso X, de la respuesta al impulso acústico de la sala de exposición.



59. Barras de color SMPTE para la calibración rápida e inmediata. Una calibración cuidadosa requiere de equipamiento especializado como el vectoscopio.

Otro problema relacionado con la percepción del sonido y el entorno arquitectónico es la interferencia o contaminación sonora entre las obras. Existen dos técnicas que pueden ser útiles para evitarla: los proyectores sonoros y los sistemas de cancelación adaptativa de sonido. Ambas tecnologías no están exentas de determinados artefactos, son costosas y deben ser proyectadas cuidadosamente por especialistas acústicos.

---

[317] La convolución, en este contexto (tiene un significado mucho más amplio), es una operación de filtrado en la que la sala impregna al sonido de sus características reverberantes. La deconvolución es la operación inversa que elimina al sonido las propiedades acústicas de la sala. Para ello es necesario disponer de la respuesta al impulso de la sala donde se expondrá la obra. La respuesta al impulso, a su vez, define cómo reacciona la sala (el recinto) acústicamente entre dos puntos del espacio: fuente y receptor.

Los problemas relacionados con la imagen son similares. El artista produce en un contexto diferente al de exposición no deteminado en términos objetivos que puede producir un desequilibrio desde el punto de vista perceptual. No es extraño que un artista desapruebe la exposición de una obra porque se "escucha" o "ve" incorrectamente tras el desamparo de no poder especificar, en términos objetivos, cómo sería correctamente. Lo que en la actualidad se resuelve con cierto poder de convencimiento o capacidad de negociación se debería poder hacer en términos científicos, objetivos.

6 TV Dé-coll/age

6 TV Dé-coll/age es una videoinstalación realizada por el artista fluxus Wolf Vostell que pertenece a los fondos del Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía (MNCARS). La siguiente fotografía muestra las dos únicas versiones de la obra. La primera versión del *environment* fue realizada por Wolf Vostell para una exposición en la Smolin Gallery de New York en 1963. El ambiente estaba compuesto por seis televisores colocados encima de archivadores de oficina y completado por un teléfono y unos semilleros con brotes de berros que crecían y morían con el efecto nocivo de la televisión. En aquella instalación, Vostell alteró las imágenes de la televisión manipulando las funciones de los televisores para conseguir imágenes distorsionadas y borrosas con sonidos de ruido y siseos. La pieza se desmontó al finalizar la muestra pero fue reconstruida por deseo del artista en 1995 para la III Bienal de Lyon. En esta segunda versión, adquirida por el MNCARS, los televisores emiten las mismas imágenes distorsionadas de la primera muestra pero a través de una grabación en vídeo que el artista realizó en aquel momento. Esta obra es clave dentro de la historia del medio pues constituye uno de los primeros ejemplos de manipulación de la señal de televisión. La fotografía de la izquierda corresponde a la primera versión de 1963; sin embargo la de la derecha corresponde a un montaje de la obra en el MNCARS como parte de la exposición *Primera generación. Arte e imagen en movimiento* en 2006.




60. Wolf Vostell. *6 TV Dé-coll/age*, 1963/1995.

Refectum#1 es un proyecto de colaboración entre el MNCARS y la Universidad Europea de Madrid (UEM) para abordar la conservación de la videoinstalación de Wolf Vostell *6 TV Dé-coll/age*. La obra se encuentra operativa pero corre un grave riesgo de pérdida ante la imposibilidad de sustituir los televisores originales. El proyecto consiste en el "estudio del caso" y, posteriormente, el empleo de la estrategia de conservación evolutiva *recreación*, basada en la metodología A3 para su documentación y Restauración. No es posible la aplicación de algunas de las estrategias analizadas: *sustitución*, *migración*, *emulación* o *reinterpretación*. No existen televisores para reponer y no garantizan el *aspecto* ni se cuenta, ni es posible contar, con la aprobación del artista.

Desde el punto de vista de conservación *6 TV Dé-coll/age* ofrece una oportunidad singular porque permite un acercamiento a la obsolescente tecnología de la televisión y el vídeo analógico, aún "funciona" y aunque su autor, Wolf Vostell, murió poco después de reconstruirla para la III Bienal de Lyon, existe el Museo Vostell Malpartida y suficiente información acerca de su obra y vida.

A continuación se presentan la información más relevante de partida tal cual está archivada:

Wolf Vostell

Leverkusen, Alemania, 1932 - Berlín, 1998.

Videoinstalación: 6 canales de vídeo en formato VHS y DVD.

6 monitores de TV, 6 muebles de oficina, teléfono, antena, brotes de berros.

Medidas variables

Según Céline Brouwez: Vostell es considerado descubridor de la técnica del *dé-coll/age*, padre del *happening* en Europa e iniciador del movimiento Fluxus y del videoarte. Artista que "mantuvo siempre en toda su producción artística una actitud marcada, una originalidad radical y una gran versatilidad en la utilización de los lenguajes artísticos. Su obra pretende situar al individuo frente a las contradicciones que invaden su existencia, con la gran empresa humana de abrir el pensamiento y buscar el acercamiento entre arte y vida. Emplea todos los elementos visuales y de expresión a su alcance, ya sean materiales, de comportamiento, o de acción"[318].

Vostell acuñó el término dé-coll/age (a raíz de un titular de prensa sobre un accidente aéreo) para denominar sus obras realizadas con carteles y fotografías desgarradas y objetos fragmentados. Desde entonces denominó sus happenings *acción–dé-coll/age*. Durante su estancia en París, estudió dos años en la Escuela Nacional Superior de Bellas Artes de París (1955-1956) y posteriormente, se relacionó con el grupo Nuevos Realistas: Dufrêne, Villaglé, Hins y Rotella. Con Georges Maciunas organizó en 1962 el primer Festival de Fluxus en el Museo de Wiesbaden. Un año más tarde en New York participa en el Yam-Fluxus-Festival donde conoce a Cage, Kaprow, Brecha, Watts, La Monte Young, Warhol. Desde este momento su presencia a nivel internacional es constante realizando numerosos happenings y exposiciones tanto en Europa como en América del Norte y del Sur. Entre ellas: Museo de Arte Moderno de la Villa de París en 1974, en la Nationalgalerie de Berlín, 1975, en la Documenta 6 de Kassel en 1977. En 1980 realiza la mayor versión de su ambiente "Depresión endógena" (30 televisores con hormigón y siete pavos vivos) para el Instituto de Arte Contemporáneo de los Ángeles, su obra se muestra en la Bienal de São Paulo en 1983.

La obra de Vostell es una de las aportaciones más importantes en el contexto de la vídeocreación y del Fluxus.

---

[318] Agúndez García, José A. 6-TV-Dé-coll/age. El ojo del elefante en *Primera generación. Arte e imagen en movimiento [1963-1986]*, Madrid: Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía, 2006, p. 340.

La documentación de la obra especifica en el título dos fechas: *6 TV Dé-coll/age*, 1963/1995. La pieza se desmontó al finalizar la muestra en la Smolin Gallery de New York en 1963, para la que Vostell realizó la primera versión de la obra, y no fue "reconstruida" hasta 1995, para la III Bienal de Lyon. La segunda versión es una *reinterpretación* de la primera donde Vostell mantiene el mismo concepto pero utiliza tecnologías diferentes en su implementación. De hecho no recrea el proceso de alteración de las imágenes de la televisión, que en 1963 consiguió manipulando las funciones de los televisores para conseguir imágenes distorsionadas y borrosas con sonidos de ruido y siseos, sino que emite las mismas imágenes distorsionadas de la primera muestra pero a través de una grabación en vídeo que el artista realizó "en aquel momento". Vostell conserva la idea en cuanto a la instalación y todos sus elementos pero sustituye el proceso de distorsión de las imágenes por una versión de la representación perceptual que tuvo en su día. Se desconoce por qué pero esta decisión deriva en la conservación de una representación, más o menos fidedigna (teniendo en cuenta la pérdida de calidad de la imagen del formato VHS) de aquellas imágenes de 1963.

No se dispone de una interpretación de la obra por su creador. Solo que es un ambiente compuesto por seis televisores colocados encima de archivadores de oficina, con un teléfono, una antena, y unos semilleros con brotes de berros que crecen y mueren con el efecto nocivo de la televisión. Los seis monitores están descontinuados, son de la marca comercial alemana: RFT STASSFURT, modelo: SIESTA 70- 143c IRS 520 de dimensiones: 57,1 X 63,4 X 49 cm, con pantalla de 27'' (68 cm).







61. Material audiovisual. Copia Máster-Copia de Archivo.

La expresión *medidas variables*, incluida en la documentación**,** y la actitud del autor ante el versionado de la obra sugiere que el modelo del monitor, los muebles, etc. ni su colocación absoluta o relativa, incluso el material de vídeo en formato VHS no son importantes (teniendo en cuenta que en 1963 no existía este formato de vídeo por lo que tuvo que grabar las distorsiones de las televisiones en otro formato, probablemente en cine; tampoco se conocen las dimensiones originales de los televisores de la primera versión). Sin embargo, el MNCARS, según las leyes de Patrimonio, adquiere el compromiso de conservar la pieza en las condiciones señaladas.

De ello se puede suponer que probablemente a Vostell no le importaría recrear su obra con la tecnología "disponible" en el momento de sus futuras *recreaciones*. Sin embargo no se cuenta con la aprobación (el deseo expreso) del artista y esto es, probablemente, lo que condicione a *6 TV Dé-coll/age*, 1995, como objeto de conservación.

Tampoco hay ninguna referencia a las condiciones de presentación de la obra (iluminación, espacio, sonido, etc.), la diferencia de las imágenes de las dos instalaciones lo demuestra, ni a la sincronización de las imágenes que, a juzgar por los dispositivos de visualización adquiridos, no parece de interés.

Planteamiento de Restauración

El planteamiento de Refectum#1 es la *recreación* de *6 TV Dé-coll/age*, 1995, en una versión tecnológica digital. Esta estrategia de *conservación evolutiva* es la única[319] aplicable que respeta la *imagen* perceptual de la obra, a la vez

[319] Versus la *sustitución*, que consiste en almacenar los elementos o partes que permitan restaurar una obra; la *emulación*, que permite la imitación del medio original en un medio completamente diferente; la *migración*, que re-implementa procesos y datos en un soporte nuevo y la *reinterpretación*, que permite redefinir una obra en un medio contemporáneo con el valor metafórico de un medio obsoleto. Aunque las estrategias están desarrolladas en el Capítulo II – Teoría de la Restauración del Arte Digital, se adjunta este breve comentario para hacer el texto autocontenido. Para *6 TV Dé-coll/age*, en concreto, no es posible aplicar la sustitución. No existen televisores de repuesto idénticos al planteamiento del autor. Cuando se cede la obra, para exponer en otras instituciones, de hecho, no se prestan los televisores ante el riesgo de pérdida y la exposición se realiza con televisores "similares" al original. Estos procedimientos habituales de exposición pueden introducir falsedad histórica en la pieza.

que la dota de un corpus metodológico y tecnológico perdurable y resistente a la obsolescencia tecnológica.

El objetivo de la *recreación* es justamente reproducir, rehacer, una obra perceptualmente "idéntica" con una metodología y tecnología[320] adecuada para una labor de *conservación evolutiva*, perenne, que permita contemplarla como si, supuestamente, hubiese sido concebida así originalmente, sin necesidad de inducir a error al espectador ni producir una falsificación. La *recreación* es una estrategia eminentemente conservativa a corto y largo plazo; como requiere justo este "caso de estudio"; téngase en cuenta que la pérdida de la capacidad de representación simbólica no suele ser progresiva o gradual sino más bien intempestiva (ocurre en el momento menos oportuno; un fallo en el sistema o la interrupción de la energía es suficiente). *6 TV Dé-coll/age*, 1995, ofrece una oportunidad única de experimentación:

> Se dispone de las cintas con las secuencias de imágenes "aprobadas" por Vostell.
>
> Se dispone de la obra en estado operativo; imprescindible para la localización de los seis televisores con las mismas características que los conservados en el Museo y para poder realizar el proceso de "ecualización adaptativa". Para la Restauración, el proyecto no requiere de televisores en funcionamiento: solo es necesario disponer de equipos perceptualmente idénticos independientemente de su estado electrónico o del tubo de pantalla; equipos susceptibles de manipular y "romper"[321].

A3, la herramienta en la que se basa la *recreación*, se divide en tres fases consecutivas: *modelo*, *diseño* e *implementación*. Parte de una *documentación* inicial (muy recomedable para la toma de decisiones durante la aplicación de la metodología) y de la propia obra. A3, a su vez,

---

[320] García, *A3. Una metodología para el Arte Digital*, *loc.cit*.

[321] Incluso, teniendo en cuenta que todas las carcasas (exterior de los televisores y parte material del bien) están en perfecto estado; sería conveniente explorar si podrían valer tubos de rayos catódicos de la misma medida (27'') pero de otro fabricante bajo el supuesto de que la curvatura exterior del cristal y transparencia es muy similar o idéntica y no introduce *índice*.

aportará información de la obra en términos de su información y procesos que complementará la documentación general. El proceso de *documentación* absorbe toda la información que genera cada etapa.

La primera etapa de A3: *modelo*, define "el *qué*" de la obra (qué hace, qué es) vista como un *objeto-sistema* que consume, procesa y produce información. El límite del "sistema" queda establecido por las *fuentes* y *sumideros* de la información. El primer paso de esta metodología, por lo tanto, consiste en crear un modelo lógico-funcional del *objeto-sistema*. Para ello es necesario definir las entidades que representen adecuadamente el "todo" a partir de información que, como se puede apreciar, es incompleta. En la segunda fase, *diseño*, se define "el *cómo*"; se puede entender como la implementación *distribuida* del sistema modelado. Es aquí realmente donde la "obra de arte", el *objeto* de Restauración, se convierte en un "sistema de ingeniería", un *objeto-sistema*, y se define su implementación en base a determinadas entidades: *a*3.*cubes*, *a*3.*nexus*. Una entidad *a*3.*cube*, desde el punto de vista funcional, ofrece determinados servicios; mientras que la tecnología *a*3.*nexus* permite a un *a*3.*cube* la publicación de tales servicios y su uso por otros *a*3.*cubes*. El uso combinado de ambas tecnologías permite la producción modular, escalable y sistemática de obras audiovisuales interactivas. En la tercera y última fase, *implementación*, se planifica el desarrollo de cada entidad y se ejecuta. Es aquí donde se migrarán todos los canales de vídeo analógico (VHS) a un formato digital sin comprensión y se "prepararán"[322] los televisores para lo que se requerirá la presencia de seis televisores con las mismas características que los conservados en el Museo.

---

[322] Una TV "preparada" es un televisor analógico convencional manipulado, para comportarse idénticamente de manera perceptual. La imagen no cambia, solo el soporte material, pero invisible, que subyace en la estructura. Tecnologías como esta permitirían exponer indefinidamente muchas videoinstalaciones. Incluso determinadas manipulaciones hechas a la imagen por procedimientos manuales sobre tubos de rayos catódicos podrían ser reemplazadas por procesos Xs sobre los datos de vídeo, antes de convertirse en imagen. Ejemplos de obras susceptibles a estos tratamientos son *Untitled-Display System for Laser Burned Vidicon Tubes*, de Mary Lucier o *TV Weave*, de Eugènia Balcells, e incluso, si así hubiera sido la intención de Vostell: 6 TV Dé-Coll/age. Parte del proceso X podría generar las distorsiones, que en su día, Vostell obtuvo manipulando las funciones de los televisores.

Documentación

Antes de aplicar la primera fase de A3 es conveniente organizar la información inicial en alguna estructura de metadatos que facilite la integración en cualquier base de datos o sistema de gestión de información. Las etiquetas o *tags* que muestra el listado 1 son provisionales y configurables y perfectamente *generales* y útiles para cualquier institución. Sin embargo, esta estructura, admite la incorporación de etiquetas *específicas* e incluso *exclusivas* lo que puede prolongar su vida indefinidamente[323].

```
<?xml version="1.0"?>
<artwork>
	<name>6 TV Dé-coll/age</name>
	<date>1995</date>
	<author>
		<name>Wolf Vostell</name>
		<!--- Información opcional --->
		<since>
			<place>Alemania</place>
			<city>Leverkusen</city>
			<year>1932</year>
		</since>
		<to>
			<place>Alemania</place>
			<city>Berlín</city>
			<year>1998</year>
		</to>
	</author>
	<genre>Videoinstalación</genre>
	<description>Ambiente compuesto por seis televisores colocados encima
	de archivadores de oficina y completado por un teléfono y unos semilleros
	con brotes de berros que crecen y mueren con el efecto nocivo de la
	televisión</description>
```

[323] El término *exclusivo* proviene del estándar MIDI (Musical Instrument Digital Interface). El mensaje exclusivo es un tipo de mensaje específico que permite agregar o encapsular nuevos mensajes y, por lo tanto, aplicaciones. Una adaptación, en este contexto podría tener la sintaxis: <**exclusive**> **<institution** id=”MNCARS”>cualquier información </ **exclusive** >. Obsérvese que esta información solo es útil a quien sepa decodificarla; es decir, a quien pertenezca el *id*.

```xml
	<versions id="v01">
		<date>1963</date>
		<description>6 monitores de TV manipulados, 6 muebles de oficina, teléfono, antena, brotes de berros</decription>
		<size>variable</size>
		<exhibitions id="exh1">
			<place>Smolin Gallery, New York</place>
			<date>22 May 1963</date>
		</exhibitions>
	</versions>
	<versions id="v02">
		<date>1995</date>
		<description>6 canales de vídeo en formato VHS y DVD, 6 monitores de TV, 6 muebles de oficina, teléfono, antena, brotes de berros</decription>
		<size>variable</size>
		<exhibitions id="exh1">
			<name>3ª Biennale de Lyon</name>
			<place>France</place>
			<date>
				<since>20 Dec 1995</since>
				<to>18 Feb 1996</to>
			</date>
		</exhibitions>
	</versions>
</artwork>
```

62. Metadatos para la documentación general de la obra.

Una documentación exhaustiva y adecuada de la obra debe incluir una descripción objetiva y formal[324] que incluya información acerca del estado de conservación, intervenciones anteriores, versionado, proyecto de montaje, informes de restauración, incluso datos administrativos acerca de almacenaje, etc.; información de contexto: estudios históricos, condiciones ambientales de exposición, etc.; estudios estético-expresivos; y análisis gráfico: actual-antiguo, dibujos, vídeos, etc. La documentación se puede organizar modularmente en secciones. Por ejemplo: generalidades, modelo, diseño, versiones (con detalle de cada desarrollo), etc.

[324] Macarrón, *op. cit*., p. 62.

El metalenguaje de etiquetas XML[325], utilizado en 62, tiene grandes convenientes como la importación/exportación directa a bases de datos, páginas web, legibilidad, una buena cantidad de herramientas de codificación/decodificación, etc.

El protocolo o interfaces de Restauración son susceptibles de organizar en secciones: *generales* (conjunto de acciones y procesos previsibles aprobados por la comunidad), *específicas* (conjunto de acciones y procesos específicos a nivel de institución) y *exclusivas* (conjunto de acciones y procesos no previstos; futuras ampliaciones).

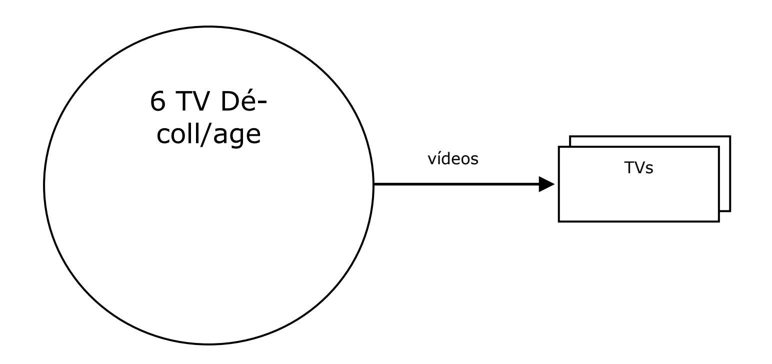
Modelo

El diagrama de contexto o de nivel cero del diagrama de flujo de datos (DFD) muestra la obra como un sistema y su interrelación con el "mundo real". *6 TV Dé-coll/age* no recibe información de entrada y solo produce información audiovisual a partir de contenidos en almacenes. Obsérvese que los televisores no pertenecen al sistema; son unidades externas.

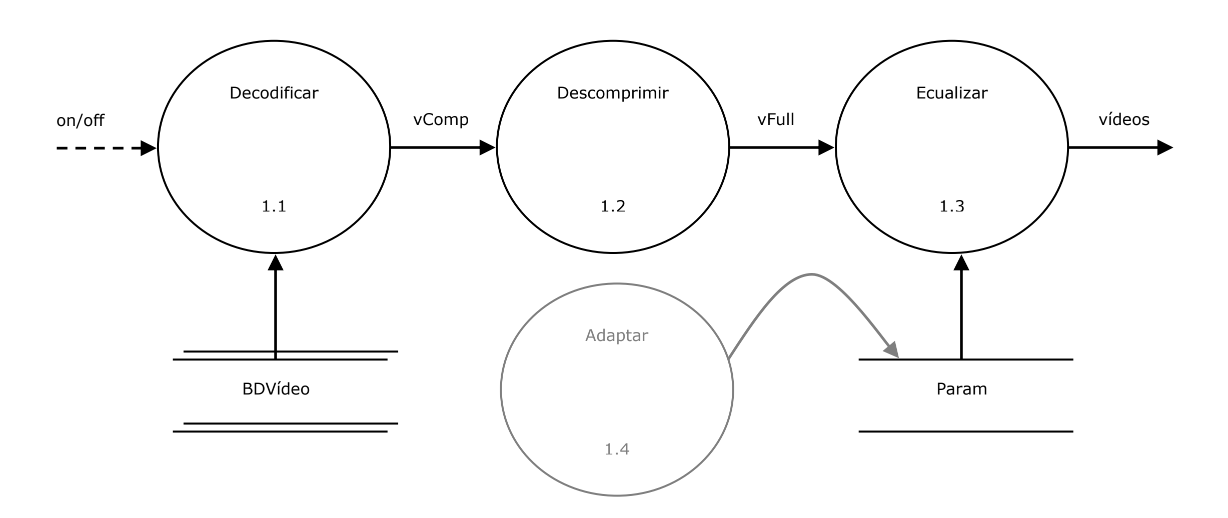
El diagrama de nivel 1 de la figura 64 es una descomposición del diagrama de contexto de la figura 63. En realidad todos estos *procesos* corresponden a los procesos de la figura 57. El proceso *decodificar* extrae ("lee") los vídeos de su soporte (almacén de datos *BDVídeo*), y produce vídeos comprimidos, *vComp*. El proceso *descomprimir* es inncesario (en caso de que el vídeo esté almacenado sin compresión; lo cual es el formato ideal para la máxima conservación de la calidad). Si, por ejemplo, el vídeo estuviese comprimido en MPEG2, es necesario un proceso de descompresión que genere un flujo de vídeo crudo o completo: *vFull*. En el caso de estudio, aunque el vídeo original está almacenado en VHS (compresión MPEG1) se expone con una versión en DVD (compresión MPEG2) por lo cual, sea cual sea el formato, el proceso *descomprimir* es ineludible. El cambio de formato MPEG1-MPEG2, de hecho, conlleva una pérdida perceptual de calidad. El proceso *ecualizar* corresponde al proceso **X** de la figura 57. Este proceso es el encargado de conseguir la "identidad" perceptual de la imagen a partir de los parámetros de adaptación: *param*.

---

[325] W3C, Guía Breve de Tecnologías XML; http://www.w3c.es/divulgacion/guiasbreves/tecnologiasxml, [Consulta: 13-10-2010].



63. Diagrama de contexto.

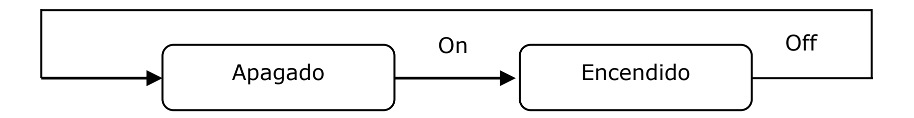


64. Diagrama de nivel 1.

El proceso *adaptar* se considera *offline*. Se representa en la figura 64 para reflejar el proceso que genera los parámetros adaptativos pero realmente no pertenece al *objeto-sistema*. Este proceso es una de las grandes apuestas del proyecto en términos de objetivar una calidad subjetiva, perceptual.

Los almacenes *BDVídeo* y *Param* contienen los vídeos a mostrar en cada TV y los parámetros de adaptación respectivamente. Todos los flujos de

información *vComp*, *vFull* y *vídeos* son múltiples y representan los seis canales de la obra. Por último la figura 65 muestra el diagrama de estados o de transiciones de la obra. La información *on/off* actúa como señal de control; obsérvese la figura 57.



65. Diagrama de estados.

Obsérvese que estos esquemas (figuras 63-65) solo contienen flujos de información: *datos*, *procesos* que se aplican a estos *datos* y *almacenes* que contienen estos *datos* y son independientes de cualquier implementación. Todos los flujos representan datos digitales (los analógicos terminan en doble flecha[326]). Esto significa que la unidad externa *TVs* de la figura 63 es digital; está obligada "a serlo". Lo "curioso" de este modelo es que el sistema de representación no queda incluido en la obra en sí sino constituye su terminal o unidad externa múltiple. Esto es importante porque parte del trabajo queda "fuera" de la obra. En realidad esas TVs son equivalentes estructuralemente tanto para *6 TV Dé-Coll/age*, como para cualquier videoinstalación, excepto por el *aspecto*. Por lo que parece oportuno desarrollar el tratamiento de la *TV* como unidad externa en un anexo "ajeno" a la obra.

Diseño

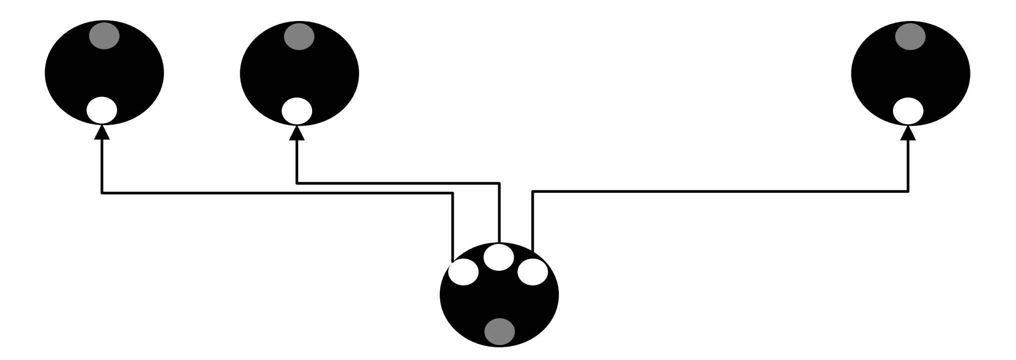
En esta fase se define el sistema en base a sus partes o entidades *a*3*.cubes*, *a*3*.nexus*. Una entidad *a*3*.cube*, desde el punto de vista funcional, ofrece determinados servicios; mientras que la tecnología *a*3*.nexus* permite a un *a*3*.cube* la publicación de tales servicios y su uso por otros *a*3*.cubes*. El uso combinado de ambas tecnologías permite la producción modular, escalable y sistemática de obras audiovisuales interactivas. Las TVs, teniendo en cuenta los comentarios anteriores son *a*3*.cubes* que se comunican con el sistema mediante sus correspondientes *a*3*.nexus*. Cada componente es un

[326] *cfr.*, Anexo A – Metodologías.

sistema HW/SW que activa determinados procesos según la información que intercambia a través de sus interfaces.

Son muchas las posibilidades de diseño que ofrece este modelo según el grado de centralización-distribución que se quiera. La siguiente figura muestra un modelo con cierto nivel de centralización en el cual un *componente* puede actuar como sincronizador (generador de las señales on/off) y seis componentes (uno por cada canal de vídeo) generar su *imagen* correspondiente o puede incluso actuar como servidor de vídeo y sincronizador y el resto solo de reproductores.

Obsérvese que los círculos grises corresponden a los terminales que conectan con el mundo del exterior del diagrama de nivel 1 de la figura 64; y los círculos blancos son las *interfaces* que interconectan los componentes (ya sea para sincronizar los vídeos, para implementar el protocolo de encendido-apagado o para intercambiar vídeo). Esto no significa en modo alguno una topología de interconexión estrella. Los *a*3*cubes* y los *a*3.*nexus* son, en este nivel, lógicos. Obsérvese que todos los *a*3.*cube* alineados arriba son idénticos. Todos realizan los mismos procesos.



66. Diseño. Cada componente debe tener una especificación clara y precisa de sus servicios y el formato de la información para activarlos, encuestarlos, etc.

Implementación

La implementación del sistema puede también ser más o menos centralizada. Cuanto mayor distribución, mayor indepedencia y más fácil de administrar (conservar), pero también mayor coste.

En la opción arquitectónica más distribuida el vídeo debe ser gestionado individualmente por cada componente y sincronizado, o no, por un máster. De hecho, esta es la más parecida al montaje actual, en el cual cada televisor tiene su propio reproductor de DVD y no está sincronizado con el resto (al menos no está documentado y, en cualquier caso, se realiza de forma manual). En la *recreación* la sincronización se puede realizar automáticamente (aunque si fuera necesario se puede prescindir del *a*3.*cube* de sincronización; la función de sincronización puede ser asumida por cualquiera de los otros seis e incluso, en un enfoque más sofisticado, de manera distribuida entre ellos propagando la señal cuidadosamente).

En una variante centralizada, el vídeo puede ser suministrado desde un máster a cada componente (vía streaming, por ejemplo) o a cada terminal (en esta configuración, podría ser suficiente un solo *a*3.*cube* y prescindir de los otros seis). En ambos casos un único *a*3.*cube* asume toda la responsabilidad de generar los vídeos.

En la opción distribuida se podrían utilizar mini reproductores comerciales que almacenan y producen el vídeo directamente, son relativamente baratos, pequeños, etc. y donde es fácil implementar la sincronización. De hecho, caso que se requiriese, el *a*3.*cube* de sincronización no necesita un procesador complejo: con un microcontrolador sería suficiente. En la opción centralizada que un solo *a*3.*cube* debe almacenar y generar (decodificar, descomprimir, ecualizar) las seis señales de vídeo exige un procesador de mayores prestaciones: un microprocesador sería suficiente.

La existencia de cada *a*3.*nexus* exige diseñar las interfaces como plantea la metodología A3, y supone cierta "inteligencia" en los *a*3.*cube* interconectados. La implementación de un protocolo de sincronización es muy simple pero debe ser integrada a los *a*3.*cubes* sea cual fuera el sistema utilizado para almacenar y generar vídeo. La implementación de un protocolo de transmisión de vídeo supone la encapsulación de algún

protocolo estándar (por ejemplo de *streaming*) o la gestión de todo el proceso de generación de vídeo. En cualquier caso, los protocolos deben ser definidos en un metalenguaje como XML (o LISP) y la gestión mediante aplicaciones de tipo cliente-servidor[327]. Una señal de vídeo supone la mezcla de imágenes y sonido. Ambas señales vídeo y audio son las más complicadas de gestionar con esta filosofía porque utilizan tecnologías muy particulares, son ininterrumpidas (lo que implica una implementación delicada basada en la fragmentación en bloques o paquetes y la gestión de su integridad), consumen gran ancho de banda, etc. No obstante, una vez desarrollado un componente *a*3.*cube*, con su respectivo *a*3.*nexus* para gestionar este tipo de señales es susceptible de ser reutilizado o reciclado en cualquier aplicación con las mismas exigencias.

Entre estas dos opciones son posibles muchas combinaciones. La decisión se debe tomar en términos de relación prestaciones-coste, mantenibilidad, etc. Obsérvese que, para el caso de estudio (y muy probablemente para la mayoría de las videoinstalaciones), modelo, diseño e implementación son extremadamente simples.

Ecualización

Para conseguir la misma cualidad subjetiva de un televisor CRT a partir de una señal de vídeo digital es necesario “preparar” o intervenir el televisor. Tal manipulación consiste en vaciar el aparato y sustituir su interior por un sistema de retroproyección que simule la cualidad perceptual del sistema original. No es posible utilizar televisores de pantalla plana. El cristal de los CRT es curvo con lo que, entre otras cosas, se perdería la visión lateral, además de aparecer aberraciones por la imperfección del montaje de un sistema en otro. Además en los monitores de pantalla plana independientemente de su tecnología (LCD, OLED, TFT, plasma, etc.), a diferencias de los CRT, el píxel no es virtual, sino físico. Es imprescindible observar el monitor desde cierta distancia para no ver su efecto. Por lo tanto, la única posibilidad de conseguir una cualidad perceptual similar, incluso idéntica, es proyectando con luz desde el interior en una superficie de retroproyección difusa colocada convenientemente por detrás del cristal del CRT. Las figuras 67 y 68 muestran dos experimentos para demostrar esta

[327] *cfr.*, Anexo B – Tecnologías.

hipótesis. El nanoproyector tiene menos luminosidad que el convencional (lo que requiere de ciertas condiciones externas de iluminación). Ambos demuestran el mismo problema: la distancia focal (en torno a 1.5 metros) debido a que los proyectores utilizados no están diseñados para este tipo de aplicación.

Otra opción sería utilizar varios proyectores (en lugar de uno) formando una especie de red o matriz con cierto nivel de superposición de las imágenes y, mediante un algoritmo corrector, en el proceso X, conseguir la sincronización adecuada entre las imágenes y la eliminación de las superposiciones pero, no corregiría el problema de la distancia focal.

En cualquier caso la “textura” y cualidad perceptual de la imagen que se obtiene es muy similar a la de un CRT convencional. Obsérvese que las imágenes, por el efecto de retroproyección aparecen invertidas pero esto es algo que se puede corregir en el proceso X, durante la generación de la imagen, de manera muy simple. El problema de la distancia focal se puede corregir quebrando el camino, mediante espejos, en un recorrido multicamino con idéntica distancia pero, aún así, es difícil insertar un proyector convencional en tan poco espacio total.

Evidentemente es posible diseñar un sistema de lentes para conseguir una distancia focal (aunque sea multicamino) mucho más corta. El problema es que este tipo de soluciones “a medida” es mucho más caro que aquel que utiliza lentes convencionales de fabricación en serie. En cualquier caso sería imprescindible el dispositivo transparente, o semitransparente, que genera la imagen digital a proyectar. Este problema tiene muchas variables a explorar y enfoques más o menos industriales o comerciales pero, lo más importante es que, independientemente de cuál sea la solución óptima, es posible generar una imagen que, mediante un proceso de ecualización adaptativo bidimensional (referenciado como ecualizador en el texto), consiga la *identidad* (en términos perceptuales).



67. Experimento de Retroproyección. **Arriba**. Nanoproyector 3M MPro 110. **Abajo**. **Izquierda**. Fotograma de película en blanco y negro. **Derecha**. Fotograma de película en color.

La ecualización se basa en el mismo principio que la calibración. La carta de ajuste es una señal de prueba conocida que contiene diferentes elementos destinados a correciones concretas. Es la señal objetivo que, a través de la valoración perceptual del técnico, debe conseguir el proceso de *calibración*.



68. Experimento de Retroproyección. **Arriba**. Proyector DELL 2400MP. **Abajo**. **Izquierda**. Fotograma de película en blanco y negro. **Derecha**. Fotograma de película en color.

Sin embargo este procedimiento se podría realizar de manera objetiva en un entorno controlado que disponga de los televisores: original y preparado emitiendo la misma señal de calibración o carta de ajuste[328].

---

[328] Un entorno controlado, por ejemplo, debe estar en ausencia absoluta de iluminación, cada televisor deberá disponer de una cámara de adaptación (de imagen o vídeo) en la misma posición relativa frente al televisor, en condiciones técnicas idénticas, etc. La calidad

Frente a cada televisor se coloca una cámara (ya sea de captura de imagen o vídeo) que recoja únicamente la señal proveniente de su televisor. La comparación de ambas imágenes a nivel de píxel debe ser idéntica o, en términos matemáticos, el error objetivo (o la energía del error) debe tender a cero. Para ello la señal de calibración, antes de ser proyectada en el televisor preparado, debe pasar por un proceso de filtrado[329] cuyos coeficientes son ajustados en dependencia de la señal de error y guiados por un proceso de minimización matemática.

El proceso de adaptación concluye cuando el error disminuya por debajo de determinado umbral que se considere admisible (por ejemplo, el umbral de discriminación perceptual visual). Los parámetros *adaptativos* se guardan en el almacen *param* (véase figura 64) desde donde pueden ser cargados por el proceso de ecualización X en tiempo real. La señal de vídeo debe ser filtrada con esos parámetros (obtenidos mediante el proceso adaptativo) para generar una señal perceptualmente idéntica a la objetivo[330]. El proceso de adaptación se puede realizar cada vez que se quiera y así corregir cualquier aberración producida por el efecto de envejecimiento de los elementos electrónico, lámpara, etcétera. Obsérvese que la calibración

---

del ajuste dependerá, en gran medida, de la precisión con la que se consiga una situación idéntica para ambos televisores.

[329] El comité de ingenieros de procesado de señal define un filtro como: “Un filtro digital es un proceso o algoritmo computacional por el cual una señal digital o una secuencia de números (actuando como entrada) es transformado en una segunda secuencia de números denominada señal digital de salida”. Por lo tanto, cualquier dispositivo digital con una entrada y una salida es un filtro. El uso más difundido del término describe dispositivos que realzan o atenúan regiones espectrales (frecuencias) de la señal. Por supuesto, para una calibración correcta, todos los dispositivos que intervengan tienen que estar perfectamente calibrados y el proceso se debe realizar en condiciones exactas de iluminación, configuración espacial, etc.

[330] La *imagen-objetivo* solo puede ser la *imagen-actual* (la que generan los televisores en el estado actual) porque no es posible disponer de una TV de la misma tecnología con cero horas de uso. La decisión estará en si elegir la *imagen* “tal y como se ve” o antes someter cada televisor a un proceso de calibración estándar (lo que sería equivalente no a un estado prístino pero si al mejor estado posible en las condiciones actuales); claro está que en ninguna de estas decisiones podrá intervenir el artista. Por ello la importancia de objetivar la caracterización subjetiva de la *imagen*.

propuesta, aunque objetiva debe ser contrastada en términos perceptuales, debe garantizar la identidad simbólica.

Conclusiones

Cuando se apague la primera (que no la última) tele de *V-yramid*, la obra habrá muerto. Se puede *documentar*, *congelar*, "un día de su vida" en vídeo, al estilo de una intervención (*performance*) inmaterial que luego se podrá exponer en la pantalla "de turno" del mercado (con la tecnología disponible en ese momento) o en algún televisor que tiempo atrás salió de una tienda de electrodomésticos, quizá con una cita, o incluso la escultura completa, apagada. ¿Es posible sacralizar el *nuevo* objeto como rememoración de lo que fue y reiniciar el ciclo? ¿Es esta acción fetichista una buena práctica de "conservación"? La elección de ruptura a continuidad ¿es lo más "honesto" posible de hacer?

Solo la migración del dominio analógico al digital puede evitar esta ruptura y garantizar la supervivencia de una buena parte de obras y colecciones de *videoarte* y *videoinstalaciones*. La tecnología es lo suficientemente madura para proveer la evolución del *soporte* conservando la *imagen*. Es imprescindible conservar el *aspecto* sin olvidar que los dispositivos electrónicos de cualquier equipo, por antiguo que sea, solo adquieren valor simbólico cuando se convierten en *objeto-símbolo* y no mientras funcionan como *soporte*, como *objeto-sistema*. Es importante aislar las partes del todo; a diferencia de la *integridad* que presupone la Restauración tradicional. Un televisor que ha dejado de fabricarse no es sustituible porque funciona como un todo. Pero si se aíslan las *partes* que funcionan como *aspecto* de las que funcionan como *estructura*, si se desarticula el *todo*, entonces es posible alargar su vida migrando el soporte[331]. Las intervenciones conservativas se deben documentar e informar al espectador. De hecho, *6 TV Dé-coll/*age es una "versión" original. En el arte digital, a diferencia del arte basado en la materia, el versionado es algo habitual en confrontación con el concepto de *autenticidad*: uno de los

---

[331] Artistas como Gary Hill registran la creación audiovisual y no el soporte que la sostiene. Facilitando, *de facto*, la conservación de la obra "independientemente" de los avances tecnológicos.

pilares de la Restauración tradicional. Con estas claves un nuevo enfoque de Restauración es posible.

El caso de estudio *6 TV Dé-coll/age*, en este momento, está activo[332]. A3, en una primera fase de análisis, ha permitido la *documentación* de la pieza en un modelo lógico funcional; en una segunda fase de síntesis, el diseño de la *recreación* de la obra sobre una infraestructura tecnológica resistente a la obsolescencia a implementar; en una última fase, aplicando un modelo de ecualización adaptativa bidimensional perceptual se espera conseguir la identidad simbólica objetivada en términos de un error perceptual por debajo del límite humano. Las conclusiones que se extraigan de este caso de estudio serán muy importantes para su aplicación en la Restauración de las *videoinstalaciones* en general. No solo por la tecnología o estrategia de Restauración explorada sino también por sus implicaciones éticas.

[332] Por ello no se ilustra la notación final del objeto.

CONCLUSIONES

Una innovación sólo tiene éxito cuando se ha convertido en un nuevo estándar

John Perry

Más que conclusiones es mucho más fructífero reflexionar acerca de los retos que plantea la Restauración del arte digital. Mucho queda por elucubrar y, mucho más, por hacer. ¿Es posible una metodología estándar para abordar la Restauración? Muchos son los esfuerzos que realizan las diferentes instituciones y cada vez, más, los interinstitucionales lo que permite abrigar ciertas esperanzas.

La primera premisa, por supuesto, de cualquier propuesta en este sentido debe ser la potenciación y respeto absoluto a la creatividad. No es concebible ninuna acción fuera de este precepto. El arte debe seguir su curso, sea cual fuere, independientemente de cualquier herramienta de producción.

La segunda, quizá, un profundo convencimiento de las exigencias transdisciplinares de estos retos y su inserción en el modelo educativo en respuesta a esta realidad profundamente compleja. Los futuros conservadores incorporan materias básicas como biología, física, química, etc. en sus estudios porque sin ellos es imposible "entender" siquiera la Restauración de la materia. No es posible la Restauración del arte inmaterial, efímero, intangible sin la interrelación transdisciplinar de un número mayor de disciplinas. En el arte digital confluyen arte, ciencia, tecnología, comunicación, sociedad, y un largo etcétera que convierte cada acción de Restauración en un estudio del caso. La química es a la materia lo que los sistemas son a los procesos. Las fronteras entre las disciplinas son borrosas y porosas y la Restauración del arte digital debe ser un reflejo de ello.

Lo último, y no por ello menos importante, es la adopción de estrategias colaborativas de libre distribución. Solo reciclando desarrollos, compartiendo recursos y aislando las estrategias de Restauración de la vorágine insaciable que impone la sociedad de la información se podrá alcanzar una conservación sostenible. Desde luego, estas no son las únicas, y es imposible conformar un punto de partida estable sin la participación de

todos y cada uno de los agentes implicados ya sea desde una estructura mallada e interconectada o jerárquica. Por ahora ni siquiera existe un *libro* blanco a nivel territorial. Sí, es posible una metodología (o metodologías) estándar e incluso universal.

Es quizá otra paradoja que la Restauración se plantee en base a "casos de estudio" mientras se reclama estandarización. El «maestro armero» fue imprescindible mientras cada arma (y cada una de sus partes) era un mundo. Como señala Perry[333]:

> (…) la intercambiabilidad de las piezas se remonta a la antigüedad. Lo que hizo Eli Whitney como «padre de la producción en masa... fue estandarizar las operaciones de producción y reducir la tolerancia con respecto a las dimensiones de las piezas».

Pero Perry también apunta que

> (…) la auténtica producción en serie implica la estandarización a distancia: las piezas que fabrica un obrero en una planta deben encajar con las piezas que otros obreros fabrican en otras plantas. Whitney logró esa intercambiabilidad principalmente por medio del diseño de máquinas, herramientas y medidas precisas. Un obrero menos especializado podría operar estas herramientas con una precisión y velocidad que un maestro armero nunca habría podido conseguir.

Hasta la fecha el «maestro armero» del arte digital es el propio artista, su ayudante o el equipo con el que desarrolla su producción. Como dice la locución cuartelera "Las reclamaciones al maestro armero"… pero esto debe cambiar. Las instituciones responsables del Patrimonio deben tener la capacidad, autoridad y autonomía para Restaurar sus fondos de arte digital y esto solo es posible técnicamente mediante la estandarización.

La mayor inspiración de A3: la metodología de *recreación* expuesta en éste libro, ha sido el estándar MIDI (Musical Instrument Digital Interface);

---

[333] Perry, John. *The Story of Standards*. Nueva York: Funk & Wagnalis Co., 1955 *cit*. en Bordwell, David; Staiger, Janet y Thompson, Kristin. *El cine clásico de Hollywood: estilo cinematográfico y modo de producción hasta 1960*. Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica, 1997, p. 101.

que, como su nombre indica, es un estándar universal para la comunicación entre dispositivos musicales. Antes del MIDI, los diferentes fabricantes de instrumentos musicales electrónicos producían sus equipos con tecnologías y métodos (o metodologías) propietarias. El resultado, para el músico o usuario final, era un buen número de equipos autónomos e independientes imposibles de interconectar y, por lo tanto, de sincronizar entre sí lo que terminaba restándole al conjunto todo el potencial individual que ofrecían. Los fabricantes, en un hecho más que loable de buena voluntad, se pusieron de acuerdo y generaron un estándar: la especificación "MIDI 1.0", que establecía protocolos y normas para abstraer el comportamiento particular de cada dispositivo en un lenguaje universal que permitiera la comunicación entre ellos y, por lo tanto, potenciar la creación musical. Este estándar contenía todo lo que, en ese momento, los fabricantes consideraron imprescindible e importante a tener en cuenta; sin embargo, para lo que pudiera venir después, dejaron una puerta abierta: el "mensaje de sistema exclusivo". Este mensaje permitiría encapsular cualquier desarrollo posterior que no fuese tenido en cuenta. Esta iniciativa funciona como una especie de metaprotocolo lo que, en términos de sistemas significa: vida eterna.

En una red MIDI cada dispositivo es una «caja negra» que interactúa con el resto a través de un lenguaje universal independientemente de cómo esté fabricado, en qué fecha o por quién. Solo necesita "entender" y "producir" el mismo lenguaje. Este mecanismo es probablemente la metáfora tecnológica más simple de lo que es el ser humano: un ser social, un individuo que se comunica e interactúa con el resto; sin embargo de una eficacia incalculable. La especificación original fue escrita en 1982. Desde entonces, la tecnología se ha superado con creces, la sociedad de la información es un hecho, los avances en el audio digital y la creación musical asistida por ordenador han sido increíbles, sin embargo, el MIDI sigue vigente. Lo más importante de la especificación no es su vocación universal siquiera sino su capacidad para mutar. El MIDI ha sido incluso capaz de cambiar su soporte físico para aumentar su velocidad, ha multiplicado su potencialidad con nuevas y diversas funciones, ha absorbido nuevas interfaces de interacción musicales, etc. gracias a su esencia metaprotocolar.

A3 se basa en esta idea y es solo un minúsculo ejemplo de esfuerzo en este sentido. Cada componente (cube) es una "caja negra" independiente que se comunica con el resto a través de interfaces universales (nexus). Los datos se organizan en metadatos y los protocolos en metaprotocolos que

garantizan la evolución de la red. ¿Qué se considera imprescindible y qué superfluo? La respuesta a esta interrogante la tienen todos los agentes implicados. Quizá una voluntad definitiva y un marco adecuado posibiliten el milagro.

El arte digital es contemporáneo y complejo. Su cartografía, tan paralela al medio de producción, es un ejercicio de clasificación que implica una preferencia. Las etiquetas son herramientas organizativas que ayudan a señalar conexiones, analizar objetos y organizar el mundo. La categorización es, quizá, el primer paso para afrontar una estrategia adecuada de Restauración.

La Teoría de la Restauración del arte digital analiza al objeto de Restauración en el complejo entramado teórico de las teorías tradicionales y contemporáneas y los procesos asociados a la Restauración: *producción*, *documentación*, *exposición*, *preservación*, *conservación* y *restauración*, mediante un análisis multidimensional basado en el tiempo que pone de manifiesto las cualidades esenciales del arte digital: *progresividad*, *inmaterialidad* y *reactividad* y sus implicaciones estéticas respecto a los pilares de la teorías tradicionales de la Restauración: *autenticidad*, *universalidad*, *reversibilidad*, *objetividad*, *historicidad*, *integridad* y *durabilidad*.

Un análisis exhaustivo de las estrategias de Restauración que propuso el museo Guggenheim de New York a través del proyecto *Variable Media Network*: *sustitución*, *migración*, *emulación* y *reinterpretación* revela sus limitaciones en cuanto a garantizar la fidelidad perceptual de la imagen lo que puede llevar a cuestionar la conservación de la indentidad simbólica. Se propone la *recreación* como una estrategia de *conservación evolutiva* basada en el sistema de notación A3 que proporciona una Restauración resistente a la obsolescencia tecnológica en la medida en que prepara la obra para mutar y adaptarse al futuro. En este enfoque el objeto de Restauración es un sistema complejo formado por componentes (cubes) que interactúan entre sí a través de interfaces (nexus). Es importante destacar que la *recreación* no es exclusiva al arte digital.

El caso de estudio para aplicar la *recreación* es una videoinstalación emblemática del arte contemporáneo: *6 TV Dé-coll/age* de Wolf Vostell. La Restauración del arte digital, como se ha demostrado, tiene que ser digital.

Esta obra es un caso típico de transcodificación vírgen, a pesar de la preferencia que ha tenido el videoarte y la videoinstalación en general en la investigación de la Restauración contemporánea, que exige la solución de problemas técnicos particulares de la videotecnología y complejo en cuanto a los problemas éticos que suscita.

A3 se basa en una infraestructura tecnológica y una superestructura metodológica que, para no romper el discurso teórico de la Restauración, se tratan con detalle en los Anexos. Es imposible hacer un compendio tecnológico en prácticas tan híbridas donde confluyen arte, ciencia, tecnología, sociedad, comunicación. Sin embargo es necesario un esfuerzo por ordenar de alguna manera las tecnologías digitales en una línea lo más independiente posible del tiempo y la fascinación. El hilo conductor es el proceso: la verdadera escencia del arte digital. También parece oportuno detallar la *metodología para la evaluación y desarrollo de proyectos transdisciplinares* (MPT), base de A3, a través de un caso de *producción* y es que la *recreación* implica, en cierta medida, la *producción* (en cuanto que es una determinada *reinterpretación* de la obra). Este ejercicio permite confrontar las tensiones *símbolo-sistema*, *determinación-indeterminación*, *consistencia-inconsistencia*, *completitud-incompletitud*; tratar la logística de la Restauración y los tiempos, costes y presupuestos, etc.

¿Qué queda por hacer? Como se planteó desde el principio "son muchas las interrogantes (…) y menos las respuestas". La Restauración del arte digital exige una reordenación funcional de todas las figuras implicadas: artista, documentalista, comisario, conservador, coleccionista, etc. en los procesos de *producción*, *documentación*, *exposición*, *preservación*, *conservación* y *restauración*. Las fronteras se muestran permeables y difusas mientas las actividades exigen una cooperación transdisciplinar y el tiempo apremia.

El caso de estudio en esta investigación es una *videoinstalación* que, comparte con el *videoarte*, la videotecnología; aun así, no todos los resultados obtenidos pueden ser exportados a todas las videoinstalaciones. En *6 TV Dé-coll/age* de Wolf Vostell es posible "preparar" los televisores pero en una obra como *Between Cinema and a Hard Place* de Gary Hill (véase imagen 32), donde se ha desprovisto a los monitores de sus carcazas,

el tratamiento tiene que ser diferente. Aunque *Atmos Data β*, de Kepa Landa, otro caso de estudio[334], es una obra más híbrida donde interviene Internet, software, imagen y sonido es importante considerar tantos casos de estudio como sea posible de las más diversas prácticas.

Considero también necesario y prioritario un esfuerzo en la objetivación de todos aquellos parámetros perceptuales, subjetivos, implicados en la Restauración; no sólo los intrínsecos a la obra, sino también los extrínsecos relacionados con el entorno. Sólo así se podrá garantizar una identidad simbólica.

El escenario de cooperación entre museos, instituciones, redes, etc. es loable; el intercambio de información es eficaz; crece el número de proyectos, congresos y encuentros; aumenta la bibliografía y la presencia en el entorno educativo pero mucho queda por hacer en términos de estandarización y es que solo así se conseguirá una Restauración científica del arte digital. Se requieren estrategias que absorban desde lo particular a lo general, que armonicen "un mayor número de teorías" y satisfaga "más a más gente"[335].

---

[334] *cfr.*, Anexo A – Metodologías. Las fases de análisis y diseño de MPT han sido tratadas con muchos otros casos de estudio durante los cursos de formación del profesorado en la UEM en 2008: *The Legible City*, de Jeffrey Shaw: http://www.jeffrey-shaw.net/, [Consulta: 12-12-2010]; *Interactive Hallucination*, de Jim Campbell: http://www.jimcampbell.tv/, [Consulta: 12-12-2010]; A-Volve, de Christa Sommerer y Laurent Mignonneau: http://www.interface.ufg.ac.at/christa-laurent/, [Consulta: 12-12-2010]; *The Telegarden*, de Ken Goldberg y Joseph Santarromana: http://goldberg.berkeley.edu/art/, [Consulta: 12-12-2010]; *Umbrella.net*, de Jonah Brucker-Cohen y Katherine Moriwak: https://wiki.brown.edu/confluence/display/MarkTribe/Jonah+Brucker-Cohen+and+Katherine+Moriwaki, [Consulta: 12-12-2010].

[335] Muñoz, *Teoría contemporánea de la Restauración*, *op. cit.*, p. 177.

ANEXO A

METODOLOGÍAS

Dime como hacer para saber
Si lo que está mal lo que está bien
Si lo que perdí
Jamás lo vuelva a encontrar

Los Nocheros

La *metodología para la evaluación y desarrollo de proyectos transdisciplinares* (MPT) se desarrolló con la finalidad de servir de soporte a un concurso anual de Arte y Tecnología: ARTCUBE[336]. MPT es una metodología que permite evaluar y desarrollar proyectos transdisciplinares; en particular en la intersección arte, ciencia, tecnología, comunicación y sociedad. ARTCUBE es un proyecto académico cuyo objetivo principal es propiciar la actividad transdisciplinar entre artistas e ingenieros. Sin embargo el valor epistemológico de MPT se ajusta perfectamente a las exigencias de la estrategia de *conservación evolutiva*: *recreación*. A3 no es más que MPT, con el componente de implementación, fundamentado en el aprendizaje basado en proyectos, adaptado para funcionar fuera del ámbito académico. A3 propone una *infraestructura tecnológica* resistente a la obsolescencia tecnológica y una *superestructura metodológica* que permite una *conservación evolutiva* de la obra *producida* o *recreada* con ella.

En este anexo se desarrolla la metodología MPT íntegramente. Independientemente del componente de evaluación académico los aspectos de trabajo en equipos transdisciplinares, la integración de los componentes, la evaluación sistemática del proyecto, etc. son extensivos a

---

[336] ARTCUBE. Proyecto financiado por la Universidad Europea de Madrid (referencia OTRI 2007/UEM25FG). Disponible en: http://www.artcube.es, [Consulta: 11-10-2010]. ARTCUBE es un esfuerzo de integración en la confluencia del arte, la ciencia y la tecnología. A^3, letras y números, el cubo como dimensión, *A* de arte, dimensiones fractales, son solo algunas de las connotaciones del término.

la nueva reorientación logística que impone la propia naturaleza del arte digital a todos los factores implicados: artistas, conservadores, comisarios, investigadores, documentalistas, etc.

MPT

La vida personal, social e institucional, en el mundo actual, se ha vuelto cada vez más compleja en todas sus dimensiones. Los problemas desafiantes que se presentan no vienen confeccionados en bloques disciplinarios, sino que sobrepasan ordinariamente los métodos, las técnicas, las estrategias y las teorías elaboradas dentro del recinto *procustiano* de las disciplinas académicas fundamentadas en un enfoque, en un abordaje, en unos axiomas, en un método, en una visión unilateral de la poliédrica complejidad de toda realidad[337]. Esos problemas obligan a una centralización, más en la naturaleza del objeto del conocimiento, que en el método de medida. La universidad es *disciplinada* pero los problemas reales del mundo son *indisciplinados*, *caóticos*, *complejos*.

El paradigma de la complejidad es un cambio de paradigma epistémico, en el sentido que teorizó Kuhn[338], que consiste en una forma de conocer la realidad uniendo gran parte de los saberes fragmentados (producto del surgimiento de la ciencia moderna en el siglo XVII) con el propósito de tener una visión *transdisciplinaria* y *multidimensional*, a la vez que consciente de la finitud de dicha realidad.

El núcleo del paradigma de la complejidad lo constituyen las *ciencias de la complejidad*[339]. En definitiva, la *transdisciplinariedad* no busca el dominio de muchas disciplinas, sino la apertura de todas las disciplinas a aquellas que las atraviesan y las trascienden. Los tres términos *multidisciplinariedad*, *interdisciplinariedad* y *transdisciplinariedad* son neologismos prestados del

---

[337] Martínez Miguélez, Miguel. Transdisciplinariedad. Un enfoque para la complejidad del mundo actual. *ConcienciaActiva*. 2003, Vol. 21, No. 1.

[338] Kuhns, Thomas S. *¿Qué son las revoluciones científicas? y otros ensayos*. Barcelona: Paidós, 1989.

[339] Caro, *op. cit*., p. 6.

inglés y del francés y se relacionan con una organización nueva de la investigación científica.

La integración de los diferentes conocimientos científicos es un tema de especulación filosófica desde el momento mismo en que se evidencia la multiplicidad de las ciencias modernas. No es posible la unificación de todas las ciencias. Sin embargo, la epistemología actual ha conseguido, como numera Martínez[340] un conjunto de *postulados irrenunciables* o ideas matrices que conforman una plataforma y una base lógica conceptual para asentar todo proceso racional con pretensión *científica*, a la vez que coliden con los parámetros de la racionalidad científica clásica tradicional: toda observación es *relativa* al punto de vista del observador (Einstein); toda observación *se hace desde* una teoría (Hanson); toda observación *afecta* al fenómeno observado (Heisenberg); no existen hechos, *solo interpretaciones* (Nietzsche); estamos condenados al *significado* (Merleau-Ponty); ningún lenguaje consistente puede contener los medios necesarios para *definir su propia semántica* (Tarski); ninguna ciencia está capacitada para demostrar científicamente su propia base (Descartes); ningún sistema matemático puede *probar los axiomas* en que se basa (Gödel); la pregunta ¿*qué es la ciencia*? no tiene una respuesta científica[341] (Morin). La demanda más sentida hoy en día en los medios académicos es una sólida unificación de esa postura epistemológica y sus correspondientes procedimientos metodológicos.

Las realidades del mundo actual son cada vez más complejas. Las interrelaciones y las interconexiones de los constituyentes biológicos, psicológicos, sociales, económicos, políticos, culturales y ecológicos, tanto a nivel de las naciones como a nivel mundial, se han incrementado de tal manera, que la investigación científica clásica y tradicional[342] –con su enfoque lógico-positivista– se ha vuelto corta, limitada e insuficiente para

---

[340] Martínez Miguélez, Miguel. *La Nueva Ciencia. Su desafío, lógica y método*. Editorial Trillas, 1999.

[341] Morin, Edgar. *El Método*. Madrid: Cátedra (Teorema Mayor), 1993.

[342] Hernández Sampieri, Roberto *et. al*. *Fundamentos de Metodología de la Investigación.* Madrid: McGraw-Hill, 2007.

abordar estas nuevas realidades. Las diferentes disciplinas, organizadas en especialidades, departamentos, facultades, etc. reflejan una política de separación, tanto espacial como conceptual; la cercanía no necesariamente implica proximidad en el sentido de cooperaciones concretas, sino en forma de entidades casi autónomas en la enseñanza y la práctica de la producción y la transmisión de conocimiento. La diferenciación de las disciplinas impide, a la vez que reclama, una reorganización basadas en diferentes propuestas. Las clasificaciones dicotómicas mantienen la lógica formal de la división disciplinar según la cual sus miembros se excluyen mutua y recíprocamente porque se niegan todas sus posibles transiciones[343].

Los enfoques *unidisciplinarios* o *monodisciplinarios*, con una visión reduccionista, convierten todo lo nuevo, diferente y complejo, en algo más simple y corriente, quitándole su novedad y diferencia, convirtiendo el futuro en pasado[344]. La investigación *monodisciplinaria* enfatiza la comprehensión o profundidad a expensas de la extensión. Este enfoque aísla demasiado los elementos o las partes y su comportamiento, a la vez que descuida los nexos y relaciones que tienen con el todo y con otros *todos*; su exceso se revela en la *hiperespecialización*. La *multi* o *pluridisplinariedad* es percibida como una cooperación entre diferentes disciplinas poco o nada afines, la *interdisciplinariedad* se constituye como colaboración coordinada desde el intercambio de ideas hasta la mutua integración de conceptos y métodos básicos (coordinación, comunicación, diálogo e intercambio son esenciales) y la *transdisciplinariedad* es la práctica de una axiomática común de un conjunto de disciplinas. El verdadero espíritu de la *transdisciplinariedad* va más allá; su meta o ideal no consiste solo en la unidad del conocimiento, que es considerada como un *medio*, sino que camina hacia la auto-*transformación*[345].

---

[343] Kedrov, Bonifatii Mikhailovich. *Clasificación de las ciencias*. Moscú: Editorial Progreso, 1976. p. 27. “Así la clasificación [dicotómica] resulta formal, artificial, con fronteras rígidas entre las ciencias, [lo cual] refuerza la idea extendida entre naturalistas y positivistas de que *toda clasificación es arbitraria*”.

[344] Martínez Miguélez, Miguel. Hacia una Epistemología de la Complejidad y Transdisciplinariedad. *Utopía y Praxis Latinoamericana*, Univ. del Zulia – Venezuela. 2009, Año 14, N. 46, pp. 11-31.

[345] Anés, José *et al*. *Carta de la Transdisciplinariedad*, Convento de Arrábida, Portugal, 1994.

Esta complejidad no es ajena a los agentes implicados en la conservación del patrimonio cultural en general y en la Restauración del arte digital en particular que, como mínimo, requieren de una colaboración interdisciplinar para conseguir eficiencia. Las prácticas artísticas relacionadas con el arte digital comparten un mundo tecnológico expansivo cada vez más complejo solo practicable con metodologías donde el aprendizaje es un proceso permanente mientras que los diseños curriculares universitarios no satisfacen estos requerimentos. En este contexto se diseñó la *metodología para la evaluación y desarrollo de proyectos transdisciplinares* (MPT). El objetivo inicial del proyecto fue tender puentes transdisciplinares entre diferentes facultades[346] que facilitasen la producción de obras digitales. La materialización de esta idea fue el diseño y lanzamiento del concurso anual de Arte y Tecnología: ARTCUBE[347]. MPT consta de un modelo estructural de dos capas una sobre otra: *superestructura metodológica* e *infraestructura tecnológica*[348].

En este anexo se expone la *superestructura metodológica* propuesta y sus implicaciones epistemológicas, gnoseológicas y teleológicas. La elección de una *infraestructura tecnológica* específica no es tarea fácil. Como *objeto-sistema*, en una implementación técnica existe siempre una tensión entre *coste-prestaciones* (en términos de *capacidad*); las decisiones deben ir en una u otra dirección. En general existen infinitas implementaciones para

[346] En concreto las entonces Escuela Superior Politécnica, la Escuela Superior de Arte y Arquitectura y la Facultad de Comunicación. Es poco probable (de hecho no existían antecedentes) que se desarrollen propuestas artísticas de arte digital con una colaboración real entre personas procedentes de distintas disciplinas en un entorno tan compartimentado como es la universidad tradicional.

[347] En el ámbito de un concurso académico era imprescindible establecer una metodología trandisciplinar que permitiése evaluar y desarrollar las propuestas (no solo desde el punto de vista artístico sino también desde académico; la implementación debía ajustarse a un presupuesto y constituir de hecho un proyecto de fin de carrera).

[348] Montañés, Manuel. *Metodología y técnica participativa: teoría y práctica de una estrategia de investigación participativa.* Barcelona: Editorial UOC, 2009, p. 20. "El saber de las cosas descansa sobre dos soportes: la dimensión tecnológica –como podemos conocer los cambios– y la dimensión teórico-metodológica –por qué se producen esos cambios y no otros–".

conseguir las mismas funcionalidades pero no todas son resistentes a la obsolescencia. Estas exigencias se analizan en profundidad posteriormente.

Objetivos

Los procesos relacionados con el arte digital requieren del conocimiento multidisciplinar de la naturaleza de la obra, la observación desde su esencia: el *dato*[349], en una rutina de arriba hacia abajo, desde lo general a lo particular. Estas prácticas deben ser metódicas, sistemáticas, meticulosas y exhaustivas, bien documentadas y contrastadas y constituyen, de hecho, el arte de la Restauración del arte digital. Es imprescindible una formación adecuada en su concepción, producción y proyección. Sin embargo ésta se ha producido mayormente como *herramienta* y no como *medio*; por lo que aún queda mucho esfuerzo por realizar. Solo así es posible producir una cultura acorde a las demandas de la sociedad actual. El territorio natural para ello es el nuevo sistema de enseñanza universitario amplio y transversal, dirigido a *competencias*[350].

La *superestructura metodológica*, documentada aquí, es capaz de abordar la solución técnica de cualquier proyecto de arte y tecnología. Esta capa se apoya en la *infraestructura tecnológica*, basada en el paradigma de

---

[349] Los *procesos* son un tipo especial de *datos*.

[350] Memoria Para La Solicitud De Verificación De Títulos Universitarios Oficiales. Grado en Arte Electrónico y Digital. UEM, Mayo 2010. p. 9. La multiplicidad de perspectivas que se interrelacionan en el arte electrónico y digital hace necesario un enfoque sistemático, ordenado y lógico que facilite su concepción, producción, conservación y restauración. Después de cuarenta años se hace imprescindible una colaboración estrecha entre todos los agentes implicados: artistas, curadores, restauradores, conservadores, coleccionistas, educadores, y esto se pone de manifiesto en los proyectos avalados por estos centros en los que de una manera integradora, trabajan todos los agentes implicados. La Universidad es el espacio ya no adecuado sino idóneo para ello. No es posible concebir el estudio del arte aislado de la ciencia y la tecnología. Estas áreas del conocimiento han proporcionado las herramientas contemporáneas para el desarrollo de la producción artística a la vez que se han convertido en medio de expresión del arte contemporáneo. No existe prácticamente programa o grado cuyo centro es el Arte que no haya introducido asignaturas relacionadas con la ciencia y la tecnología: informática, telecomunicaciones, etc. en un proceso de ajuste natural a la sociedad en que vivimos.

los sistemas complejos, y, con ligeras modificaciones, puede ser empleada en cualquier proyecto genérico.

En el contexto del concurso ARTCUBE (génesis de MPT), estudiantes de cualquier titulación proponen obras en la intersección del arte y la tecnología cuyo premio consiste en la *producción* de la obra "seleccionada" (no solo por su valor como propuesta artística sino también en términos de implementación, producción o ejecutabilidad); pero no de cualquier manera, sino a través de proyectos de fin de carrera (en adelante PFC) organizados de manera transdisciplinar con la intervención de participantes de diferentes áreas (titulaciones). MPT debe evaluar la factibilidad del premio (por parte de una comisión técnica adjunta al jurado) y ofrecer las técnicas necesarias para resolver su implementación y seguimiento en un tiempo determinado y como un conjunto de subproyectos.

Esta metodología, no solo permite la conversión de la definición de un proyecto artístico en un proyecto de ingeniería[351], sino que lo subdivide en los subproyectos necesarios para afrontarlos como PFCs transdisciplinares y diseña su implementación mediante técnicas de aprendizaje cooperativo basado en proyectos[352] (en adelante ABP). Esta particularidad impone una serie de requisitos preliminares:

Se parte de un presupuesto limitado; prescrito en las bases del concurso anual.

Los subproyectos que se generen deben tener la entidad de un PFC.

---

[351] La naturaleza dual del bien *funcional-simbólica* le convierte en un *objeto-símbolo* a la vez que *objeto-sistema*. Como *objeto-sistema* la *producción* del bien (y posteriormente su *preservación*, *conservación* y *restauración*) es un proceso ingenieril.

[352] Galeana de la O, Lourdes. Aprendizaje Basado en Proyectos. *CEUPROMED*, Universidad de Colima, 2006: http://ceupromed.ucol.mx/revista/PdfArt/1/27.pdf, [Consulta: 29-10-2010]. La técnica de aprendizaje cooperativo basado en proyectos es una herramienta muy útil para la enseñanza según el nuevo enfoque orientado a competencias de Bolonia (Espacio Europeo de Educación Superior) pero no exclusivamente. La filosofía de aprender a aprender o de aprendizaje continuo resulta apropiada para el desarrollo de proyectos complejos en entornos complejos transdisciplinares.

El desarrollo de las partes como un todo debe ser consistente.

Atenerse al límite del presupuesto puede condicionar, inclusive, el premio otorgado por el jurado. El desarrollo de una obra cuya calidad es muy buena (como para merecer el premio inclusive), pero el coste previsto excede el presupuesto disponible, no es viable. Esto impone una evaluación rigurosa, desde el punto de vista técnico, que estime, a priori, el coste o inversión de la propuesta a cargo de un jurado experto o un grupo de apoyo creado para ello. Trabajar con ajuste a un presupuesto inicial para la Restauración[353] de un bien es una práctica sensata y habitual incluso fuera del ámbito del concurso.

Que un subproyecto tenga la entidad de un PFC pasa, necesariamente, por la revisión del concepto de PFC (sobre todo en el ámbito de la transdisciplinariedad). Un PFC tiene duración limitada (normalmente un año), determinada por los plazos de pago y lectura, pero no deja de ser una asignatura con determinado número de créditos y convocatorias según las diferentes disciplinas o carreras. Sin embargo, el desarrollo de los PFCs transdisciplinares tiene que estar perfectamente sincronizado porque constituyen las partes de un todo. Un PFC tiene un corpus académico determinado: debe conseguir unos objetivos concretos y evaluar o desarrollar aspectos o habilidades técnicas con cierta entidad. La partición del proyecto y dimensionamiento de cada subproyecto es de gran utilidad para organizar el trabajo de Restauración[354]. Otro aspecto, no menos importante, está relacionado con el seguimiento del proyecto: a nivel de cada subproyecto y a nivel de proyecto global. Es muy importante aislar la implementación de cada subproyecto como una “entidad” que encapsule sus funciones y datos y que interrelaciona con otras entidades a través de interfaces bien definidas (forma de intercambio de datos) y seguir su desarrollo (estableciendo los hitos y mecanismos necesarios). Pero es

[353] En la estrategia de *conservación evolutiva*: *recreación*, el proceso de *producción* en el arte digital está irremisiblemente conectado con los procesos de Restauración en cuanto se recrea la obra.

[354] Un proyecto de Restauración no es un PFC en cuanto a dimensión ni alcance pero sí en cuanto a proyecto a secas: tiene unos objetivos, cuenta con un presupuesto, un límite de tiempo, determinadas recursos humanos y técnicos, procesos organizativos, roles, etc. Por ello se detallan las condiciones académicas del PFC.

necesario “seguir” esa interrelación y velar por la perfecta sincronización de todos los subproyectos materializado en un plan de seguimiento. Para explicar la metodología se utilizará el caso de estudio *Atmos Data ß*[355]. Esto permite ejemplificar cada etapa o actividad a partir de un caso real de relativa complejidad y amplitud.

La metodología propuesta tiene como “entrada” las especificaciones del proyecto premiado descritas según formulario de las bases del concurso (es lo que se exige, como mínimo, a cada propuesta)[356]. Solo algunos de los datos que deberá rellenar el concursante servirán de entrada a la metodología. Por ejemplo: *concepto* y *descripción* del proyecto y *documentación complementaria* en forma de *fotos* y/o *vídeos*. El resto de la información, útil para la organización del concurso pero no para MPT, se obvia en esta memoria.

La metodología deberá ser capaz de proponer como “salida”, mediante el procesado de estos datos, un *sistema distribuido complejo* compuesto por elementos HW/SW integrados en la tecnología *a*3.*cube*, *a*3.*nexus*[357] y definir su ejecución con herramientas de ABP. El problema fundamental es la

---

[355] Cortesía del artista y profesor de la Facultad de Artes y Comunicación Kepa Landa. *Atmos Data ß* es un caso de estudio real de *producción* sin embargo se ajusta perfectamente a un caso real de Restauración en caso de que el bien estuviese en un estado adverso a la *conservación evolutiva*. La única diferencia es que en la *recreación* habría que respetar el aspecto del bien mientras que en la *producción* esto es irrelevante. Hablar de Restauración, en este contexto, incluye al proceso de *producción*. *Atmos Data ß* simula una propuesta al concurso.

[356] Probablemente en un caso de Restauración de un bien se disponga de mayor información (por ejemplo, una documentación apropiada, bibliografía, etc.) pero en este caso el ejercicio es, aprovechando que se cuenta con la opinión del artista, extraer o completar la información “necesaria” para la producción a partir de la información incial aportada. Cómo conseguir información relevante del bien para su Restauración del propio creador es otra línea de investigación muy activa.

[357] En la MPT se denominan *art.cubes*/ *art.nexus* a los componentes e interfaces ente componentes, respectivamente. En A3 se les denomina *a*3.*cubes*/*a*3.*nexus* pero corresponden exactamente a lo mismo. Solo los detalles de implementación diferencian ambas tecnologías. En este texto se describe la MPT completa por la utilidad de aplicar las técnicas de aprendizaje cooperativo basado en proyectos incluso fuera del ámbito académico universitario.

posible incompletitud e inconsistencia de la información inicial, en cuyo caso es imprescindible adoptar una serie de supuestos genéricos a definir y completar durante la ejecución del proyecto mediante la interacción del grupo de trabajo.

MPT se diseñó para insertarla en el espacio europeo de educación superior (EEES); sin embargo, para "universalizar" su alcance se utiliza la palabra *participante*, en lugar de *estudiante* o *alumno*, en referencia a cualquier recurso humano involucrado en el proyecto; *coordinador*, en lugar de *profesor* y *taller* por *aula*. Aunque el enfoque orientado a la adquisición y evaluación de competencias es propio del nuevo EEES, las estrategias y técnicas de aprendizaje y de planificación y gestión de proyectos (subproyectos) siguen siendo válidas en otros equipos multidisciplinares como los de Restauración.

Fases

La metodología propuesta se divide en tres fases consecutivas: *modelo*, *diseño* e *implementación*. Cada fase aporta información acumulativa a la viabilidad del proyecto, aunque no es necesaria la conclusión de todas para la toma de una decisión concluyente.

Modelo. Se puede asumir que una obra (en el contexto arte y tecnología) es un sistema que consume, procesa y produce *información* (probablemente de naturaleza audiovisual). El límite del "sistema" queda establecido por las fuentes y sumideros de la información. Por lo tanto, el primer paso de esta metodología, consiste en modelar tal "sistema" de manera lógica, funcional. Para ello es necesario definir los datos, procesos, unidades externas, y los dominios que representen adecuadamente el "todo".

Diseño. La primera fase define el *qué* del *objeto-sistema* (*qué* hace, *qué* es), sin tener en cuenta el *cómo*. Es en esta segunda etapa donde se define la realización del sistema en base a determinados recursos o entidades *a*3.*cubes*, *a*3.*nexus* y en un sistema de notación determinado. Una entidad *a*3.*cube* (también referida como *componente* o *parte*), desde el punto de vista funcional, ofrece determinados *servicios* mientras que la tecnología *a*3.*nexus* permite a un *a*3.*cube* la publicación de tales *servicios* y su uso por otros *a*3.*cubes*. El uso combinado de ambas tecnologías permite la

producción modular, escalable y sistemática de obras de arte digital (en la confluencia arte, ciencia, tecnología, comunicación, sociedad, etc.).

Implementación. En esta fase se planifica el desarrollo de cada entidad según técnicas de aprendizaje cooperativo basado en proyectos (ABP). Estas técnicas están diseñadas para que los participantes puedan desarrollar un proyecto en grupo, aprendiendo según avanzan, con un conocimiento incompleto del problema, y para integrar conocimientos y habilidades de diferentes áreas; lo que la hacen muy apropiada para el desarrollo de proyectos transdisciplinares. Es en esta fase donde se toman decisiones respecto a una tecnología concreta, donde se "materializa" el objeto.

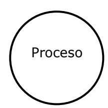
Modelo

Una técnica de construcción de modelos que resulta apropiada para la especificación de requisitos (definición de datos, procesos y, con alguna alteración, dominios), es la técnica de análisis estructurado, de burbujas o de Tom DeMarco (con ampliaciones para tiempo real de Ward y Mellor, Hartley y Pirbhai).

El objetivo del modelo es capturar la funcionalidad del sistema en términos de información, la extracción de sus *datos* y *procesos* y el *contexto* (los límites del *objeto-sistema*) así como sus propiedades: *información-control* (de datos y procesos), *continuo-discreto*/*analógico-digital* (dominio), *entrada-salida* (de un proceso), etc. Obsérvese que esta información no es perecedera. Es parte de la partitura del bien. Define *qué* hace pero no *cómo*. Si se se considera que el bien es un objeto (en términos de *programación orientada a objetos*) en esta fase se define la *clase*; es decir, todos los *métodos* (*procesos*) y propiedades (*datos*) del objeto modelado. La implementación sería equivalente a la "instanciación" de la *clase* para crear el *objeto*. Esta fase no es exclusiva al arte digital aunque se puede aprovechar de la axiomática de la *ingeniería de sistemas*.

Datos, procesos y dominios

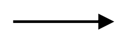
El siguiente diagrama muestra la notación gráfica básica empleada para reflejar el flujo y contenido de la información (datos y control). A partir de este diccionario de símbolos se puede describir el objeto de Restauración en términos de sus *datos* (información) y *procesos* (transformaciones).



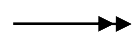
Proceso: Transformador de información que reside dentro de los límites del sistema a modelar. Para múltiples instancias del mismo proceso (en sistemas multitarea) se proyecta una sombra.



Proceso de Control: Transformador de control o de "sucesos" que reside dentro de los límites del sistema a modelar. Acepta (entrada) y produce (salida) información de control.



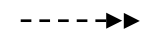
Flujo de dato discreto (digital): Dato que entra o sale de forma discreta.



Flujo de dato continuo (analógico): Dato que entra o sale de forma continua.



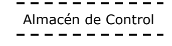
Flujo de control discreto (digital): Dato de control o "suceso". Toma un valor lógico o discreto. La cabeza de la flecha indica la dirección del flujo de control.



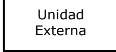
Flujo de control continuo (analógico). Dato de control o "suceso". Toma un valor real.

Almacén de Datos

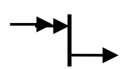
Almacén o **Contenedor**: Depósito de datos para el uso de uno o más procesos. Puede ser un buffer, una cola o una base de datos relacional.



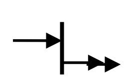
Almacén o **Contenedor de Control**: Depósito de datos de control para el uso de uno o más procesos.



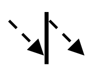
Unidad externa (Entrada/Salida): Productor o consumidor de información que reside fuera de los límites del sistema a modelar.



Transductor Analógico/Digital: Elemento donde se produce la transformación de datos analógico a discreto.



Transductor Digital/Analógico: Elemento donde se produce la transformación de datos discreto a analógico.



Especificación de Control: Describe el comportamiento de un sistema. Define cómo se activan los procesos a consecuencia de los sucesos.

69. Notación gráfica.

Los conceptos que utiliza esta técnica son básicos. Los *datos* representan información. Un *dato* es una entidad abstracta que porta información. Un tipo especial de *datos* es el de *control*, también denominado "suceso" porque se genera bajo ciertas condiciones. Cualquier *dato* puede ser *continuo* o *discreto* en relación a la manera en que cambia o de *entrada* o *salida* en relación a un *proceso*. Los *procesos* modifican los *datos* o *sucesos* (en el caso de un proceso de control): reciben una cantidad de *datos* de entrada y producen una cantidad de *datos* a la salida. Las *unidades externas* establecen los límites del sistema, son las *interfaces* del sistema con el exterior (lo que no se va a modelar) y pueden ser de entrada o salida. Los *almacenes* o *contenedores* guardan *datos*, que pueden ser también de control y ser utilizados por uno o más *procesos*. Los *transductores* delimitan los dominios continuo y discreto del sistema a modelar. El *dominio* está relacionado con la naturaleza analógica ó digital de los *datos*. La *especificación de control* establece las condiciones en que se activan los *procesos* (por ejemplo, una *máquina de estados*. Un *estado* es cualquier modo de comportamiento observable).

El primer paso en la construcción del modelo es la definición de la burbuja principal o de nivel cero como un único proceso o transformación desde y hacia entidades externas. La clave está en representar la información que entra y la que produce la transformación.

El segundo paso es un proceso de refinamiento de cada una de las burbujas en distintos niveles que representen un mayor flujo de información y un mayor detalle funcional y que concluye cuando no sea posible subdividir más una burbuja. Cada burbuja recibe un nombre y un identificador numérico único. Excepto en el diagrama de nivel 0 (0 corresponde al número asignado), los nombres para definir los procesos deben ser verbos infinitivos (por ejemplo leer, modificar, monitorizar, etc.). Los números se dispensan de la siguiente manera: el diagrama de nivel 1 (refinamiento del nivel 0) contiene los procesos 1, 2, etc. Cada diagrama de nivel 2 corresponde al refinamiento del nivel anterior con lo que hereda su numeración. Por ejemplo 1.1, 1.2, etc. El diagrama de nivel 3 (refinamiento, por ejemplo, de la burbuja 1.1) se numerará 1.1.1, 1.1.2, etc.[358] En el

[358] Obsérvese que la cantidad de números, separados por un punto, informa a qué nivel corresponde el diagrama o, lo que es lo mismo, a qué burbuja. Cada nivel puede contener las burbujas que se consideren necesarias.

diagrama de nivel 1 cada uno de los procesos es una subfunción del sistema general del diagrama de contexto. Los flujos de datos también requieren ser etiquetados y deben mantener su consistencia. Solo pueden aparecer como flujos de datos de entrada y salida en un diagrama los flujos de datos que entran y salen a la burbuja del diagrama del nivel superior. Obsérvese que el empleo de esta técnica permite particionar problemas de gran tamaño de manera efectiva (funcionalmente), simple (gráficos) y consistente teniendo en cuenta sus interrelaciones.

A continuación se ilustra la construcción del *modelo* a partir de la descripción del proyecto *Atmos Data ß* según formulario del concurso[359]:

Caso de Estudio: Atmos Data ß
TÍTULO: Atmos Data – UEM
CONCEPTO DEL PROYECTO (3 LÍNEAS): Este proyecto de investigación artística pretende desarrollar representaciones audiovisuales, como *paisajes dinámicos, de la atmósfera de Madrid*, que inviten a *reflexionar sobre el entorno en el que vivimos*. Se basará en los análisis químicos, físicos y sonoros permanentes de las estaciones de seguimiento.
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO: Descripción conceptual: En la actualidad la percepción que se tiene de nuestro entorno se ha ampliado a través de los sistemas de sensores de todo tipo (químicos, sonoros, lumínicos etc.). Uno de los campos que más análisis registra es el de la calidad del aire y el análisis de nuestra atmósfera. El proyecto "Atmos Data ß" tiene por objetivo desarrollar un sistema de visualización de los datos que se obtienen a través del análisis periódico de gases de la atmósfera, especialmente en grandes ciudades afectadas por la polución. El sistema traducirá la evolución de los datos numéricos a representaciones dinámicas visuales, sonoras o físicas, que permitan hacernos conscientes y reflexionar sobre el entorno en el que vivimos y especialmente el aire que respiramos. Por tanto podríamos decir que se trata de un "paisaje dinámico". Una de las claves de este proyecto es que busca hacer visible lo invisible, hacernos conscientes de una parte de la realidad de cuya complejidad apenas somos conscientes.

[359] Se obvian algunos campos irrelevantes para explicar la metodología.

Descripción de los procesos:

Fase 1 – Recogida de datos de la página web (o almacenaje de los datos enviados automáticamente desde el servicio de descarga de datos de Datos de las Estaciones de Medición Medioambiental de la Red de Vigilancia de la Calidad del Aire y de Control Acústico del Ayuntamiento de Madrid): http://www.mambiente.munimadrid.es/opencms/opencms/calaire/consulta/gases.html, http://www.mambiente.munimadrid.es/opencms/opencms/calaire/consulta/descarga.html

Fase 2 – Los datos capturados se contrastan con los "datos de referencia" preestablecidos. Estos datos serán establecidos como "normales" o "saludables", en coordinación con expertos de calidad del aire. Las variaciones sobre los "datos de referencia" se aplicarán como parámetro de transformación de:

-la imagen capturada de los espectadores (a través de filtros de vídeo)

-la imagen capturada de los espectadores (a través de filtros de vídeo como el desenfoque– aplicados sobre el rostro de los participantes a partir de una marca)

-el sonido que los propios participantes pueden generar (aplicando filtros a la acústica, tono u otros parámetros de su voz, ejemplo: escuchar la propia voz aplicándole la filtros/ruido de una voz ronca, en paralelo a un paisaje sonoro saludable sin filtros, pájaros en el campo y un riachuelo)

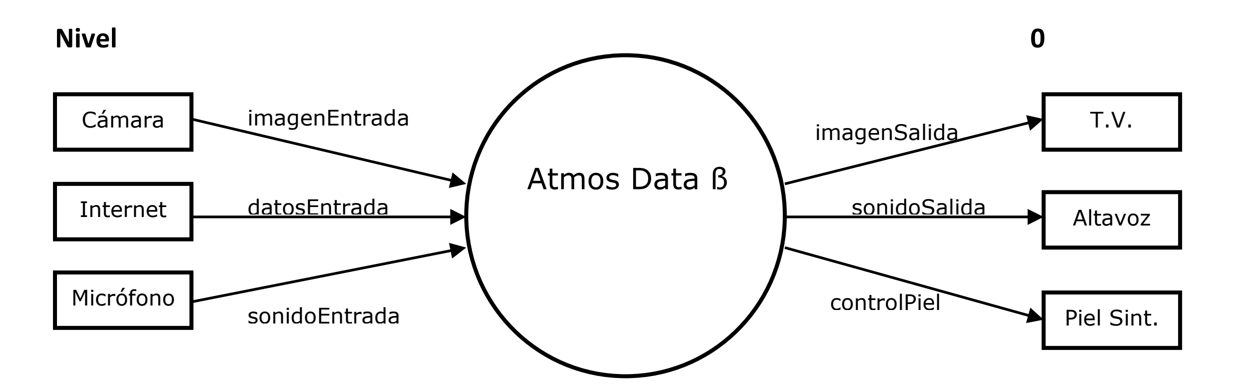
-el sonido de una música que ellos mismo elijan (la música repetida en tantas pistas como gases se midan, tendrá variables en cada pista alterando la velocidad en función de la "anormalidad" de las variables respecto a los datos de referencia)

-el movimiento de resortes que actuarán sobre una superficie flexible (silicona o similar), dicho movimiento recogerá una secuencia temporal (una semana, mes o año) con el fin de hacer visible la evolución de la alteraciones. Esta superficie se ubicará como "piel sensible" en una posición que invite a la reflexión en función del espacio donde se presente. Ejemplos: si se expusiese en la ciudad donde se está debatiendo y negociando sobre cuestiones climáticas se optaría por una mesa de negociación. Si se presentase en un festival de cine y ecología podría adoptar la forma de un asiento/respaldo sobre el que sentarse/apoyarse. Si fuese en un museo podría apropiarse de las paredes en lugares de tránsito o de un techo intencionadamente bajo, de dos metros máximo.

Otra versión de el montaje con resortes sería la de generar una estructura de resortes que se auto sostuviera, y que las variaciones de los resortes implicaran variaciones en el equilibrio de la estructura y en un segundo término pronunciase sonoramente esas alteraciones, para ello se posaría esta estructura sobre una material de gran sonoridad (cristal, piel de un tambor, etc.). La forma está por determinar pero podría ser similar a la de un ciempiés o una matriz.

-cabría una vía más educativa, la representación de las partículas mediante realidad aumentada.

Uno de los principales retos de los proyectos transdisciplinares es el lenguaje empleado y su significado. En la descripción se pueden leer palabras como *filtros*, *sonoridad*, *tono*, *parámetros de la voz*, *paisaje sonoro*, *realidad aumentada*, pero… ¿es posible asegurar que signifiquen lo mismo para todos los integrantes del proyecto? Probablemente no. Por ejemplo el término “caja negra” en el ámbito de la ingeniería (teoría de sistemas) es un sistema, con determinadas entradas y salidas, cuyas funciones se conocen (se sabe el *qué*); pero no cómo se realizan (se desconoce el *cómo*). En las artes plásticas una “caja negra” es simplemente eso: una caja de color negro. Mientras que en la aeronáutica la “caja negra” (cuyo color es naranja claro para facilitar su localización tras un accidente) es un dispositivo indestructible que registra todas las señales importantes de la nave, como la actividad de los instrumentos y las conversaciones en la cabina, para determinar qué ha pasado en caso de accidente y en psicología hace referencia a un concepto abstracto. Otro término frecuente que puede dar lugar a equívoco es el de *señal*. En el ámbito de las artes una señal es un símbolo, un gesto u otro tipo de signo que informa o avisa de algo. La señal sustituye por lo tanto a la palabra escrita o al lenguaje. Sin embargo en el mundo tecnológico una señal representa la variación de una magnitud física (corriente eléctrica, campo electromagnético, etc.) que se utiliza para transmitir información. Por lo tanto, aunque nos parezca obvio, es recomendable contrastar el significado de los términos y “entender” correctamente la información. La siguiente figura muestra el diagrama de nivel cero de *Atmos Data ß*.



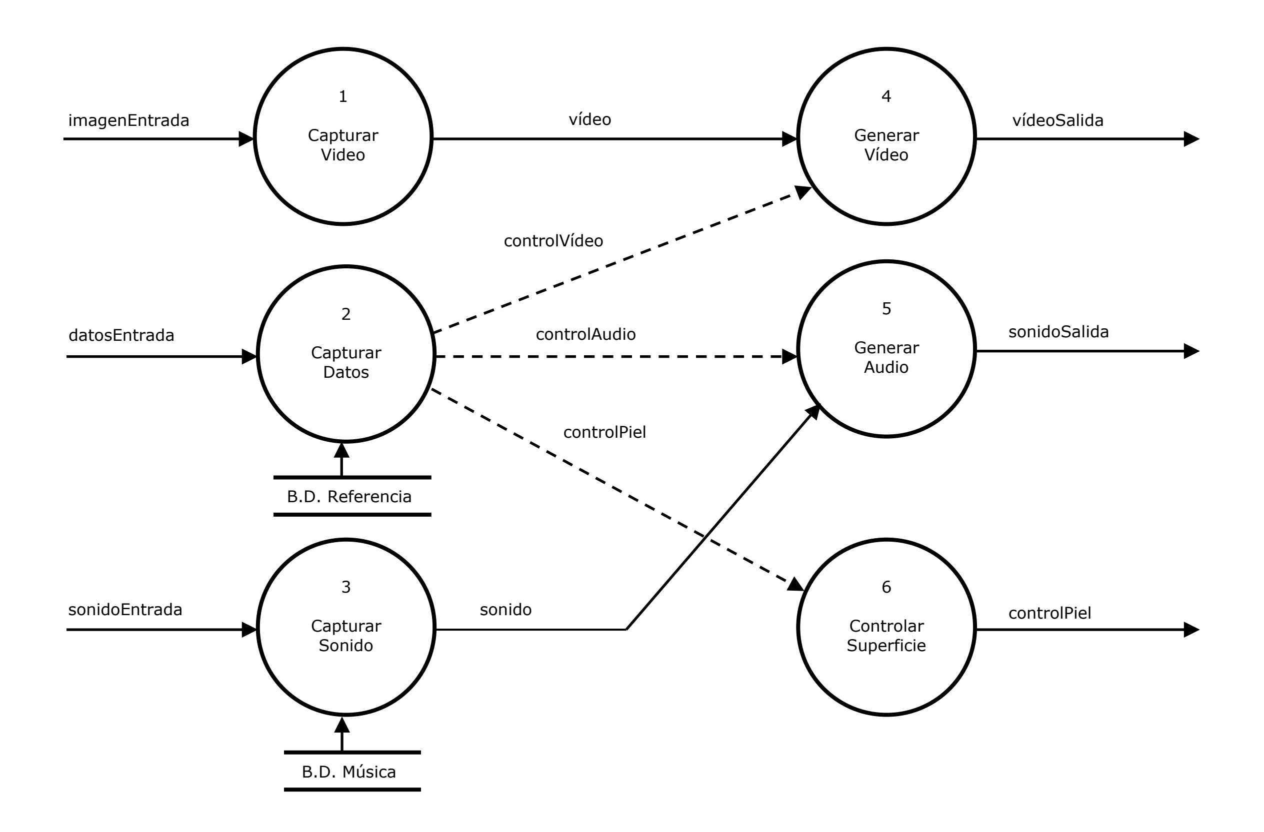
70. Diagrama de contexto o de nivel cero.

La burbuja principal identifica al sistema como un todo. Las unidades externas marcan los límites o ámbito del sistema y solo aparecen las señales o datos de entrada (a la izquierda) y las señales o datos de salida (a la derecha). Los datos (correspondiente a la fase 1 en el formulario) son representados por el flujo discreto *datosEntrada*, la imagen capturada de los espectadores (en la fase 2) corresponde a *imagenEntrada*, y el sonido que los propios participantes pueden generar o de una música que ellos mismo elijan (también de la fase 2) corresponde a *sonidoEntrada*. No se conoce mucho de la naturaleza de estos datos. Obsérvese que no se especifica qué música, ni las condiciones de adquisición de estos datos. La información se debe representar casi de forma abstracta, hasta el máximo detalle requerido y libre de inconsistencia, y ampliar en una fase posterior[360] o simplemente hacer una serie de asunciones más o menos predictivas y realistas que permitan una aproximación recursiva a la información real.

Respecto a las salidas también la información descrita en el formulario ofrece ciertas pistas: se habla de pasar la imagen a través de filtros de vídeo (eso es realmente un *proceso*, *desenfoque* por ejemplo, pero que genera datos a la salida) o de pasar el sonido otra vez a través de filtros, o de alterar su velocidad y, aunque no se especifica cómo, se asume que deben ser visualizados por la información contextual. Por último se habla de "actuar" sobre una superficie, una especie de "piel sensible", aunque también sin detalles precisos acerca de sus propiedades (dimensiones, elasticidad, forma, etc.) y de cómo responde a cuáles o qué parámetros medioambientales. Con esta información se puede refinar el diagrama de nivel 0 en el siguiente esquema de nivel 1.

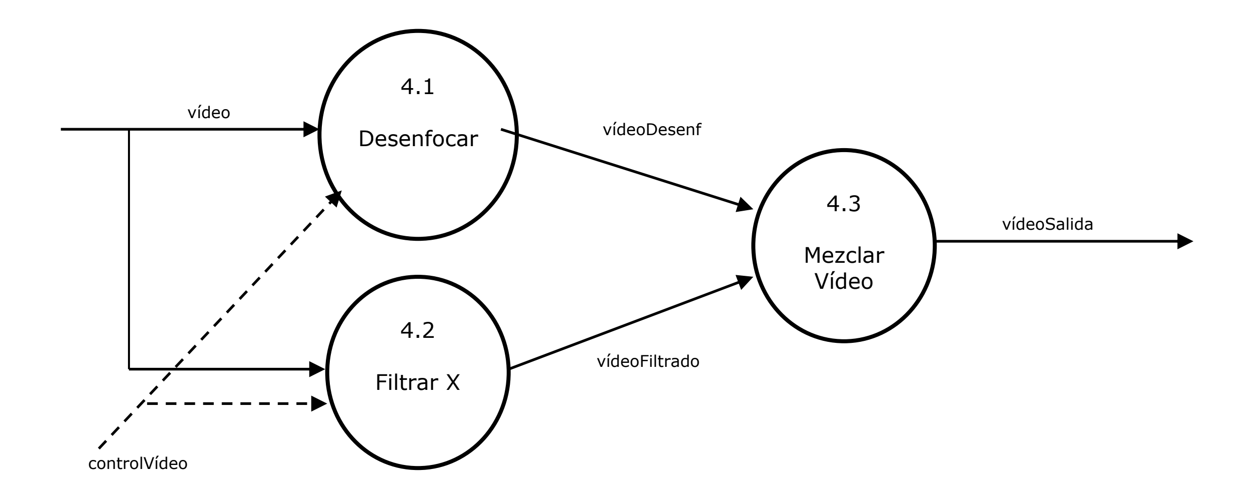
---

[360] En el ámbito del concurso solo si la obra resulta premiada, durante el desarrollo, se detallará esta información hasta quedar completamente definida y libre de inconsistencia o interpretación. En el caso de *Armos Data ß* mediante entrevista al artista. Obsérvese la importancia de contar con la colaoración del artista. En caso que esto no sea posible habrá que extraer esa información de la obra y de toda la documentación de la obra, de entrevistas a especialistas o técnicos cercanos al artista y a la obra y, en última instancia, introducir información sin constatar.

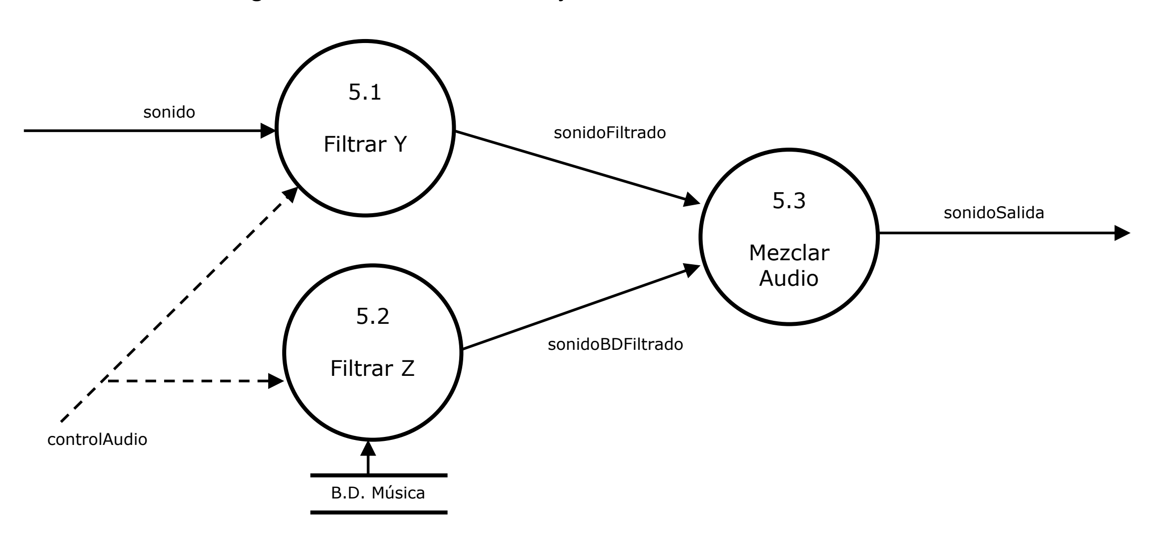


71. Diagrama de nivel 1.

Obsérvese que a este nivel entran/salen los mismos flujos que en el nivel anterior. Sin embargo se detallan los procesos y utilizan almacenes de datos (también comentados en la descripción del proyecto) y que no deben aparecen en el diagrama de nivel 0. A este nivel se puede representar los flujos de control que se generan en *Capturar Datos* y afectan (aunque no se especifica cómo) la *Generación de Vídeo y Audio* y el *Control del Movimiento de la Superficie*. En la descripción no se menciona la naturaleza digital/analógica de los datos de imagen y sonido por lo que se asumen discretos. En general cualquier práctica de Restauración de arte digital requiere una transcodificación al dominio digital; la mayoría de los proyectos tienen escasa información en el dominio analógico capturada/generada mediante la transducción apropiada.



72. Diagrama de nivel 2 de la burbuja 4: Generar Vídeo.



73. Diagrama de nivel 2 de la burbuja 5: Generar Audio.

Los diagramas de nivel 2 se pueden obtener refinando cada una de estas burbujas. Por ejemplo la figura 72 muestra la descomposición de la burbuja 4, *Generar Video*. Obsérvese que aparecen tres transformadores o procesos: *Desenfocar*, *Filtrar X* y *Mezclar Video*. Sin embargo, el proceso *desenfocar* es por sí mismo una operación de filtrado paso-bajo; con lo cual el proceso filtrar se entiende como una transformación (indeterminada a estas alturas) en dos dimensiones. Por último es evidente que para visualizar los flujos

resultantes es necesario mezclarlos y el flujo *controlVídeo* debe establecer cómo, dónde y cuánto afectarán los datos medioambientales a estos procesos. Este diagrama no es susceptible de mayor refinamiento. La consistencia en la información se consigue eliminando cualquier tipo de ambigüedad. Éste es quizá uno de los aspectos más interesantes e importantes de la Restauración del arte digital. La definición de una obra digital: un *objeto-símbolo* está, a menudo, colmada de ambigüedad, incosistencia, dudas, tensiones entre ideas; sin embargo el *objeto-sistema* no es realizable bajo esas premisas. La toma de decisiones durante el proceso inevitablemente requiere despejar esas dudas, definir lo indefinido, precisar lo ambiguo, seleccionar y elegir determinada idea o concepto por encima de otros, etc. Este es uno de los puntos críticos para conseguir una verdadera Restauración: recrear un bien restaurable. Todos los flujos y procesos deben tener un nombre diferente, único, relacionado con su función o naturaleza.

Diseño

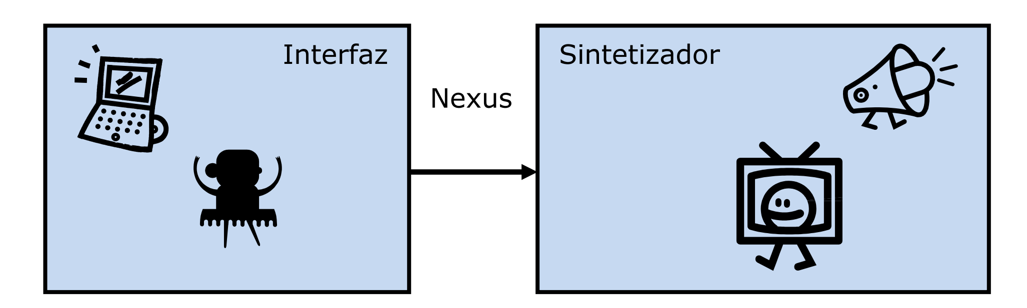
El objetivo de esta fase es el *diseño de la implementación* del sistema modelado en el paradigma de los sistemas complejos mediante el uso de entidades *a*3.*cubes* y sus respectivas interfaces *a*3.*nexus*. Esta etapa requiere de un nuevo sistema de notación más simple que encapsula al *modelo*.

Definición de entidades *a*3.*cubes*, *a*3.*nexus*

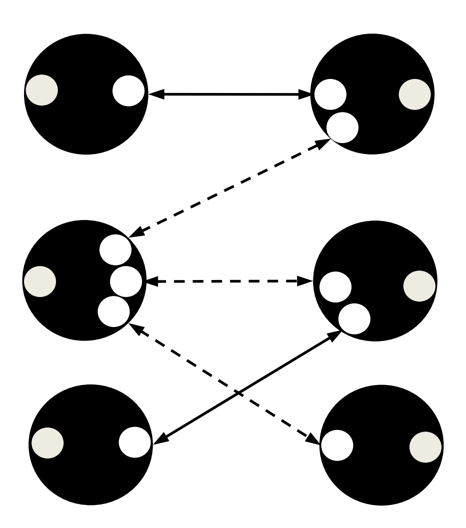
Un *a*3.*cube* es un sistema HW/SW que realiza determinadas funcionalidades e intercambia información con otros *a*3.*cubes* a través de una interfaz *a*3.*nexus* bien definida. Cada *a*3.*cube* es autónomo e independiente e interactúa con otros *a*3.*cube* mediante *a*3.*nexus*. Con esta tecnología cualquier *objeto-sistema* es susceptible de se creado/descompuesto en un determinado número de entidades *a*3.*cubes* que, como una especie de pieza de LEGO, encajan, a través de sus correspondientes *a*3.*nexus*, hasta conseguir la funcionalidad objetivo. Para que las piezas encajen solo es importante la interfaz y no las particularidades de cada componente (los métodos y propiedades).

En general los *a*3.*cubes* se pueden clasificar en dos grandes familias: *sintetizador* o *interfaz*, aunque es posible la definición de otros más

específicos. El objetivo de los *sintetizadores* es producir o sintetizar *imagen* (ya sea sonido o imagen propiamente dicha) y el de las *interfaces* generar o capturar información gestual (de control). *Capturar* información gestual significa convertir una señal física, como puede ser el movimiento o expresión de una cara, una señal luminosa, la velocidad de un cuerpo, etc. en información de control sobre la generación de sonido e imagen. *Generar* esta información asume cierta inteligencia o automatismo donde no interviene el hombre.



74. Componentes e interfaces. En general, aunque no necesariamente, los *componentes* son de dos tipos: *interfaz* o *sintetizador* e intercambian información entre ellos mediante los *interfaces* nexus.



75. Componentes e interfaces del caso de estudio *Atmos Data β*. Obsérvese que la representación gráfica corresponde a los procesos del diagrama de nivel 1, en la figura 71.

Las ventajas de este planteamiento son múltiples:

Planteamiento distribuido del sistema. Mayor robustez, optimización de los recursos, aislamiento funcional, etc.

Interfaces universales. Cada módulo exporta, en un lenguaje y protocolo común, cuáles son los servicios que dispensa y el protocolo para su uso. Esto aísla completamente el *cómo* lo hace, del *qué* hace; lo que permite una sustitución/renovación programada.

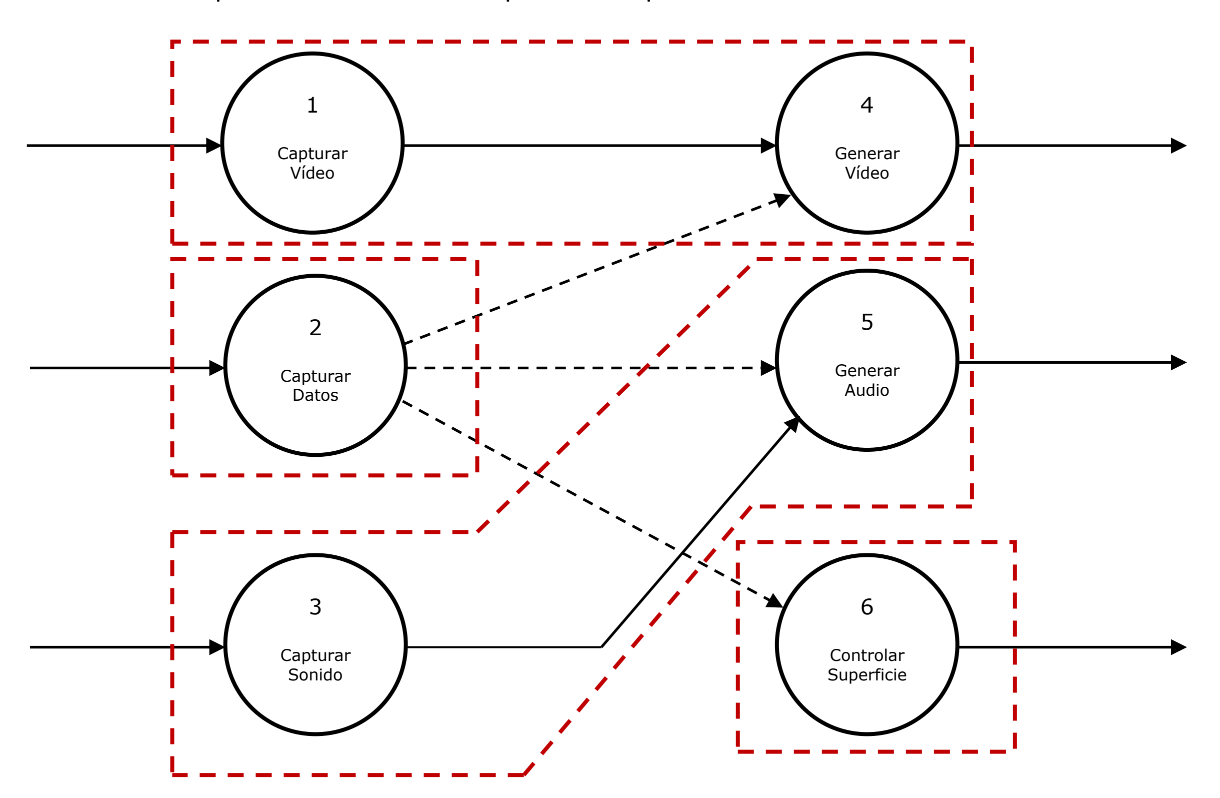
Una entidad *a*3.*cube* agrupa un conjunto de subprocesos del diagrama de nivel 1 según uno de los cuatro tipos de funcionalidades que aglutina. Por ejemplo: *interfaz* (manual o automática) y *sintetizador* (visual o sonoro). Es posible definir nuevas entidades *a*3.*cubes* que no se ajusten a esta propuesta (basada en módulos que generan información de control y módulos que generan información multimedia –sonido/imagen– a partir de estas secuencias de control).

El mecanismo de interacción de una entidad *a*3.*cube* con otra corresponde a la interfaz *a*3.*nexus*. *a*3.*nexus* es una tecnología basada en la arquitectura distribuida SOA (Arquitectura Orientada a Servicios/ Service Oriented Architecture) que permite el uso de los servicios de la entidad de manera distribuida y, en teoría (aunque realmente esto, en este contexto, puede resultar irrelevante), sin su conocimiento a priori. Cada entidad realiza una serie de funciones entendidas como “servicios”. Cada servicio necesita determinado número de datos de entrada y proporciona determinado número de datos de salida (como un proceso del modelo de burbujas). Cada entidad es responsable de publicar sus servicios y la forma de acceso correspondiente.

Por ejemplo: Supóngase que todos los procesos relacionados con la obtención de medidas medioambientales son asignados a un *a*3.*cube*. ¿Qué servicios ofrece esta entidad?: determinado número de datos medioambientales. La forma en que colecte, procese y entregue los datos será modelada según la técnica de burbujas descrita. Sin embargo, esta entidad actúa como un “sistema” cuyas “unidades externas” corresponden a la información de entrada y salida. Pero la forma en que otra entidad puede disponer de los datos de salida será implementada como servicios a través de la tecnología *a*3.*nexus*. *a*3.*nexus* será, desde el punto de vista del modelo, un subsistema que gestiona la información de la entidad; desde la

exportación de las estructuras de datos de entrada y salida hasta las funciones públicas.

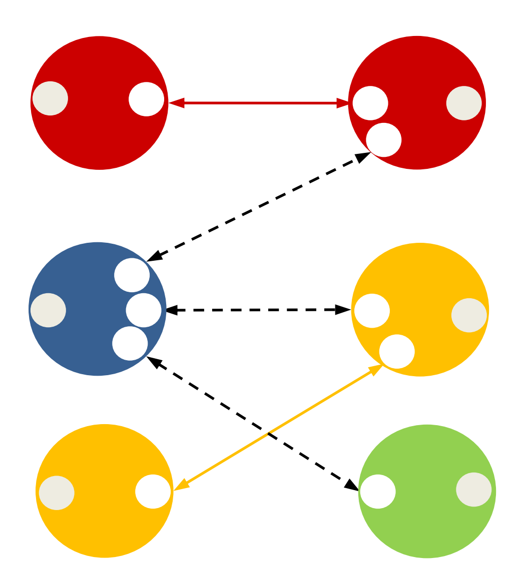
Cuando se requiera de una tecnología audiovisual "estándar" (por ejemplo MIDI, flujo de audio o vídeo, etc.) la interfaz *a*3.*nexus* correspondiente deberá ser capaz de encapsular[361] ese estándar.



76. Posible subdivisión en servicios para el caso de estudio. Las líneas discontínuas representan conjuntos de componentes *a*3.*cubes* que asumirán los procesos de las burbujas correspondientes. Cada proceso corresponde a un *a*3.*cube* pero es la agrupación en conjuntos la que determina si los *a*3.*nexus* serán *intra-inter* sistema computacional o lo que es equivalente la comunicación será *soft-hard*.

[361] El concepto de encapsulamiento en informática se refiere a la ocultación por asimilación de unas funciones en otras. Un protocolo se inserta dentro de otro. *cfr*. modelo OSI en el Anexo B - Tecnologías.

Esta segunda fase de *diseño* se puede entender como la implementación distribuida compleja del sistema modelado. Es aquí realmente donde una "obra de arte" se convierte en un "sistema de ingeniería", donde se genera el *objeto-sistema*. ¿En base a qué criterios se diseña un *a*3.*cube*? El diseño estará determinado por decisiones que resuelvan, entre otras, la tensión *capacidad/nivel de distribución*. Cada conjunto de entidades (que conforma de hecho un *a*3.*cube* de más alto nivel) puede ofrecer determinada funcionalidad en función de la *capacidad* del sistema (HW/SW) que lo soporta. En este contexto la *capacidad* se puede definir en términos de velocidad de cálculo, cantidad de memoria, recursos computacionales (entradas, salidas, interfaces, transductores, sistema operativo, lenguaje, etc.). El propósito de esta fase se podría resumir como el proceso de aplicar las tecnologías *a*3.*cubes* y *a*3.*nexus* con el objetivo de definir la realización física del sistema modelado para funcionar en tiempo real de manera distribuida (que corresponde al caso más crítico).



77. Representación gráfica de los *a*3.*cubes* y *a*3.*nexus*. Cada plataforma HW/SW está representada por un color diferente. Obsérvese que una plataforma puede acoger más de un componente en otro de más alto nivel. La comunicación entre componentes depende de si comparten o no la misma plataforma HW/SW. Los *a*3.*nexus* representados en color son virtuales, internos (*soft*) mientras que los representados en negro requieren de un enlace físico de interconexión (*hard*).

Es precisamente el uso de estas tecnologías lo que imprime un carácter *modular* y *escalable*. Modular porque cada entidad (entendida como módulo) oculta el "cómo lo hace" y aporta el "cómo interacciona" lo que facilita su reducción, reutilización y reciclaje. Escalable porque cada entidad es un subsistema que interactúa con otras entidades para formar subsistemas más complejos de alto nivel capaces de realizar funciones más complejas y de interactuar con otros. La clave de esta economía la aporta el empleo de *a*3.*nexus*. Esta *modularidad* y *escalabilidad*, soportada sobre la base de un trabajo coordinado de entidades *a*3.*cubes*/ *a*3.*nexus*, aporta distribución: desde el punto de vista de complejidad, funcionalidad, seguridad, etc. y esto es precisamente distintivo respecto a otras tecnologías.

Obsérvese que el diagrama de la figura 76 se obtiene del nivel de burbujas 1 de la figura 71 simplificado (de hecho, para mayor simplicidad y abstracción, no se nombran los flujos y se suprimen los almacenes; pero para el desarrollo de la entidad es necesario consultar los diagramas de burbujas completos). Cada área delimitada con líneas discontinuas corresponde a una entidad *a*3.*cube*. Obsérvese que las burbujas 1 y 4, correspondientes a *capturar* y *generar vídeo*, pertenecen a la misma entidad. Este criterio de agrupación corresponde a un punto de vista funcional; es más idóneo un sistema computacional destinado a la gestión de vídeo (captura y generación incluidas) que subdividirlo en dos sistemas independientes enlazados a través de alguna interfaz de comunicación de alta velocidad. Pero este criterio no es óptimo para cualquier descripción. Si el artista hubiese deseado que la interfaz de captura y la de visualización estuvieran en puntos geográficos distantes (por ejemplo que la imagen llegase de diversas capitales y la visualización se representase en una Galería de arte) la decisión hubiese sido otra. Algo similar ocurre respecto a las burbujas relacionadas con la captura y generación de sonido (burbujas 3 y 5). ¿Podrían las cuatro burbujas referenciadas compartir el mismo sistema computacional? Por supuesto. ¿Qué se debe considerar en ese caso? La centralización o pérdida de distribución en contra de un aumento del coste (dos sistemas computacionales en lugar de uno).

La entidad correspondiente a la burbuja 2, *Capturar Datos*, debe gestionar eficazmente la conexión con el servidor de datos, su procesado y la generación de información de control para todas las burbujas sintetizadoras (4, 5 y 6) y, aunque se considere como una entidad distinta probablemente sea conveniente que comparta el mismo sistema

computacional que las entidades de vídeo y audio. La entidad *Controlar Superficie* debe, quizá, gestionar una cantidad de motores para conseguir el movimiento de la superficie y, por sus características, probablemente lo más sensato sea implementarla en un sistema de bajo coste, apropiado para el control de motores, y debidamente comunicado al resto del sistema.

Por lo tanto, está claro que las entidades pueden o no compartir el mismo sistema computacional. Cuando lo hacen el nivel de distribución es *débil*; se consigue solo a nivel *software* (*soft*). Mientras que, cuando existe una correspondencia unívoca sistema computacional-entidad, la distribución es *fuerte* (*hard*); aunque a un coste mucho más elevado. La decisión de implementación de cada entidad: HW/SW, queda, por lo tanto, condicionada a los compromisos *capacidad/nivel de distribución*, *fiabilidad/coste*. Mayor redundancia, mayor fiabilidad e independencia, mayor coste.

Un sistema computacional complejo, compuesto por varios *a*3.*cubes*, se puede considerar como una única entidad que ofrece un mayor número de servicios o, en el ejemplo de la figura 77, por cuatro *a*3.*cubes* de más alto nivel o por seis *a*3.*cubes* de más bajo nivel. La definición de los *a*3.*cubes*, en este caso, depende tanto del proyecto en si como de la *capacidad de reutilización* deseada. Por lo general, esta última disminuye cuanta más funcionalidad ofrece un solo *a*3.*cube*, pero también es cierto que *a*3.*cubes* que ofrezcan muy poca funcionalidad y de muy bajo nivel, estarán altamente acoplados a otros *a*3.*cubes*.

Una vez definido cada *a*3.*cube*, al más bajo nivel, es necesario determinar qué funcionalidades proveerá al "mundo", a través de su interfaz *a*3.*nexus*. Estas prestaciones dependen de cómo se quieran utilizar los servicios. Si se sigue el punto de vista utilizado en desarrollos SOA, cada servicio debe ofrecer "cada una de las cosas que sepa hacer" como una funcionalidad. A continuación se definen las cuatro interfaces de cada *a*3.*cube* al más alto nivel (*hard*)[362].

[362] Lo que corresponde a un color diferente en la figura 77: rojo, azul, amarillo y verde. Un *a*3.*cube* de alto nivel puede abstraer el comportamiento de un conjunto de *a*3.*cubes* de bajo nivel. Esta relación evita ambigüedad e inconsistencia.

*a*3.*nexus.video*

1. **capturarImagen(): imagen**
Este procedimiento captura una imagen de la cámara y la devuelve.

2. **alterarImagen(imagen imagenEntrada, double gradoDesenfoque, double gradoFiltrado, double Mezcla): imagen**
Este procedimiento recibe como entradas una imagen, el grado de desenfoque, el grado de filtrado y el porcentaje a utilizar para la mezcla (e.g., 0.4 significaría que en la mezcla el 40% sería de la imagen desenfocada y el 60% de la filtrada) y devuelve la imagen modificada.

3. **mostrarImagen(imagen imagen): null**
Este procedimiento muestra una imagen por el sistema de salida de vídeo conectado al sistema.

4. **capturarVídeo(): vídeo**
Este procedimiento captura un flujo de vídeo de la cámara y lo devuelve.

5. **alterarVídeo(vídeo vídeoEntrada, double gradoDesenfoque, double gradoFiltrado, double Mezcla): vídeo**
Este procedimiento recibe como entradas un flujo de video, el grado de desenfoque, el grado de filtrado y el porcentaje a utilizar para la mezcla (e.g., 0.4 significaría que en la mezcla el 40% sería de la imagen desenfocada y el 60% de la filtrada) y devuelve el flujo de vídeo modificado.

6. **mostrarVídeo(vídeo vídeo): null**
Este procedimiento reproduce vídeo por el sistema de salida de vídeo conectado al sistema.

7. **inicializarVídeo(struct config configVídeo): null**
Este procedimiento permite inicializar el sistema de captura y reproducción de vídeo. **config** es una estructura que deberá establecer parámetros como: selección de entrada, selección de salida, tamaño de la imagen, velocidad de captura, velocidad de refresco, resolución (bits por color), espacio de color, etc.

*a*3.*nexus.captura*

1. **generaValoresControl(): controlVideo, controlAudio, controlSuperficie**
Este procedimiento calcula los valores de control a partir de los datos de los gases atmosféricos actuales.

2. **InicializarCaptura(struct config configCaptura): null**
Este procedimiento inicializa la adquisición. La estructura **config** contiene todos los parámetros de inicialización necesario: dirección/puerto para adquirir los datos, frecuencia de generación de valores de control, funciones de control (relación entre los valores medioambientales y flujos de control), etc.

*a*3.*nexus.sonido*

1. **recSonido(): sonido**
Este procedimiento activa la captura de sonido.

2. **playSonido(): sonido**
Este procedimiento activa la reproducción de sonido.

3. **pauseSonido(): sonido**
Este procedimiento detiene momentáneamente la grabación/reproducción de sonido.

4. **stopSonido(): sonido**
Este procedimiento detiene la grabación/reproducción de sonido.

5. **alterarSonido(sonido sonidoEntrada, double gradoDesenfoque, double gradoFiltrado, double Mezcla): sonido**
Este procedimiento recibe como entrada un flujo de sonido, el grado de desenfoque, el grado de filtrado y el porcentaje a utilizar para la mezcla (e.g., 0.4 significaría que en la mezcla el 40% sería de la imagen desenfocada y el 60% de la filtrada) y devuelve el flujo de sonido modificado.

6. **inicializarSonido(struct config configSonido): null**
Este procedimiento permite inicializar el sistema de captura y reproducción de sonido. **config** es una estructura que deberá establecer parámetros como: selección de entrada, selección de salida, número de canales, frecuencia de muestreo, resolución (bits por muestra), etc.

*a*3.*nexus.control*

1. **moverMotor(int motor, int grado, int direccion): null**
Este procedimiento mueve un motor determinada cantidad de grados en determinada dirección.

2. **inicializarMotor(struct config configMotor): null**
Este procedimiento permite inicializar el sistema de control de motores según los parámetros de la estructura **config**.

Valoración presupuestaria

Una vez decidido un posible diseño o modelo de implementación es necesario estimar su coste para valorar si se ajusta o no al presupuesto determinado[363]. ARTCUBE basa su infraestructura tecnológica en HW/SW libre[364] pero ello no significa coste cero. En el ámbito del *hardware libre* se comparten diseños y herramientas de desarrollo software (de manera tal que todo aquel que lo desea pueda implementarlo) pero los dispositivos electrónicos, sensores, interfaces, actuadores, instrumentos de medida y entornos computacionales tiene un coste que, aunque en el ámbito de este proyecto se recomienda utilizar hardware de "bajo coste", es necesario estimar y ajustar y puede llegar, en un sistema complejo, a ser significativo.



[363] En el ámbito del concurso se parte de un presupuesto limitado. Para que una obra sea ganadora debe poder materializarse o, lo que es lo mismo, se ajuste al presupuesto. La valoración presupuestaria, por ello, debe dejar un margen (10% aproximadamente) de maniobra. Generalmente se trabaja en base a un presupuesto para cualquier proceso asociado a la Restauración; no solo es particular a la *producción*.

[364] Particularmente el concurso elige este modelo de *producción* por muchas razones: acceso gratuito a las herramientas (muy importante para los estudiantes), implementación multiarquitectura (para múltiples sistemas operativos, lenguajes, etc.), soporte (la comunidad del *software* y *hardware* libre es muy activa y responsable), reciclaje (se puede hablar incluso de *soluciones libres*) pero, sobretodo, para disminuir el riesgo de obsolescencia. A3 no exige el uso de *hardware/software* libre (en realidad no impone ningún tipo de criterio al respecto) pero es muy recomendable.

El subproyecto que se diseña como ejemplo debe manipular vídeo. La siguiente tabla[365] muestra una estimación del coste según la arquitectura de procesado.

Procesador	Capacidad (Mips[366])	Coste (€)
Supercomputer	10^{15}	1000000
Mainframes	100000	100000
Minicomputer	1	10000
Microcomputer	10000	1000
Mobilecomputer	1000	100
Embedded System	10	10

78. Comparación sistemas/capacidad/coste.

Las restricciones temporales del vídeo como fuente de datos son cruciales en la elección del procesador; determinan su *capacidad*. Aún trabajando con vídeo bruto (sin codificar) la cantidad de píxeles que conforman cada cuadro (25 por segundo) y el número de bits empleados para representar el color de cada píxel (3x8 bits equivale a TrueColor) la cantidad de información a manipular puede ser brutal. Por ejemplo, véase el cálculo del tamaño que ocupa una imagen de 65.535 colores con una resolución de 800 x 600.

El espacio que ocupa = no. pixeles x no. bits en cada color.
No. pixeles = resolución = 800 x 600 = 480.000 pixeles.
No. bits en cada color = (para 65.535 colores) 16 bits.
Espacio que ocupa = 480.000 x 16 = 7.680.000 bits = 7.500 kbits = 7,32 Mbits ó 0,915 MBytes.
La misma imagen TrueColor (No. bits en cada color = 24 bits) ocuparía 11.520.000 bits = 11.520 kbits = 11,52 Mbits ó 1,44 MBytes.

365 Esta tabla solo sirve de referencia. Los márgenes que se manejan son muy amplios y puede haber una gran cantidad de solapamiento entre infraestructuras pero puede ofrecer una estimación, a groso modo, del coste.

366 MIPS = (no. Instrucciones/ tiempo de respuesta) 10^{-6}.

En estos casos, lo más probable es recurrir a entornos *microcomputer*, *portable computer* o quizá *mobile computer*[367]. Según el tamaño de la placa base (mother-board) existen normalizaciones: por ejemplo mini, nano (e.j., ITX). Una decisión razonable sería seleccionar una arquitectura de procesador *microcomputer* versión mini (con un coste del orden entre 3 y 4 cifras) y compartirla por varias entidades (por ejemplo: *a*3.*cube.sonido* y *a*3.*cube.captura*). El coste del interfaz de captura estará en torno a 1 y 2 cifras, 3 como mucho. Para la selección del software se debe valorar el uso de programas de libre distribución o gratuitos con amplio soporte; por ejemplo: *processing*.

Implementación

La última fase afecta a la distribución/realización de todos los subproyectos correspondientes a las diferentes entidades *a*3.*cubes*/ *a*3.*nexus*. Esta partición natural, producto de la fase anterior, permite adaptar los desarrollos al modelo educativo propuesto por Bolonia en forma de proyectos transdisciplinares. Cada proyecto se puede desarrollar y evaluar independientemente a la vez que facilita un mecanismo de supervisión de la unión entre los diferentes proyectos. Aún incluso fuera del ámbito universitario este enfoque puede ser muy valioso en un entorno profesional.

Planificación

En el proceso de aprendizaje convencional primero se expone la información y posteriormente se busca su aplicación en la resolución de una situación real o caso de estudio (problema). En el caso del aprendizaje cooperativo basado en proyectos (ABP) primero se presenta el problema, se identifican las necesidades de aprendizaje, se busca la información necesaria y finalmente se regresa al problema lo cual es el camino natural a seguir para la consecución de la “obra” planteada inicialmente. Desde el planteamiento original del problema hasta su solución, los participantes o especialistas pueden trabajar, de manera cooperativa[368], en pequeños grupos

---

[367] *cfr.,* Anexo B – Tecnologías.

[368] López Noguero, Fernando. *Metodología participativa en la enseñanza universitaria.* Madrid: Editorial Narcea, 2005.

transdisciplinares, compartir en esa experiencia de aprendizaje la posibilidad de practicar y fomentar habilidades y competencias genéricas de carácter transversal, de desarrollar determinadas competencias específicas, y de observar y reflexionar sobre actitudes y valores que en el método convencional expositivo difícilmente podrían ponerse en acción.

Enero	
Febrero	
Marzo	Preparación de la convocatoria
Abril	Convocatoria al concurso
Mayo	Fallo
Junio	Finalización de los proyectos (año anterior) Acto académico fin de curso
Julio	Lectura de proyectos de fin de carrera
Agosto	
Septiembre	Asignación de proyectos de fin de carrera Inicio de ejecución de los proyectos
Octubre	
Noviembre	
Diciembre	

79. Calendario del concurso ARTCUBE. Obsérvese que durante los meses de marzo a mayo se prepara el próximo concurso a la vez que se cierra el anterior. Durante los meses de junio a septiembre se debe desarrollar la planificación del proyecto.

En la fase de diseño se definieron las entidades: *a*3.*cube.video, a*3.*cube.captura, a*3.*cube.sonido* y *a*3.*cube.control,* según una distribución en servicios conveniente (con sus correspondientes *a*3.*nexus*). En esta fase el objetivo es planificar el desarrollo de tales entidades en forma de proyectos de fin de carrera o, de manera más general, en forma de proyectos tratados con técnicas de aprendizaje cooperativo (en este caso ABP). La duración de los proyectos, en ARTCUBE, se ajusta al calendario del concurso definido en la tabla anterior; que en otro contexto puede tener otra extensión temporal. En cualquier caso es muy importante diseñar un calendario de trabajo real diseñado conforme el número de entidades e interfaces y de recursos: especialistas, equipos, coordinadores, etc.

Diseño del Subproyecto 1

El subproyecto 1 corresponde a la implementación del *a*3.*cube* de alto nivel que gestiona vídeo *a*3.*cube.video*. La elección de este diseño como ejemplo responde a la importancia de la videotecnología en esta investigación.

*a*3.*cube.video*

1. Contexto

El proyecto corresponde a la asignatura *Proyecto de Fin de Carrera* y se define en el contexto del proyecto transdisciplinar ARTCUBE para el desarrollo de la propuesta premiada en Concurso. El objetivo general es que los participantes se enfrenten a un trabajo de investigación que evalúe los conocimientos adquiridos durante su formación y adquieran los conocimientos que requiera el proyecto. La duración aproximada es de 9 meses, en el período comprendido entre septiembre y mayo. Los participantes deben dedicar aproximadamente 144 horas de trabajo personal, distribuidas a lo largo de 9 meses, a una media de 4 horas por semana. La asignatura tiene una sesión de 2 horas tutoriales a la semana.

2. Temas y Objetivos

A continuación se enumeran los temas y objetivos que deben ser cubiertos por el proyecto.

A. Capturar imagen

Tema: Elementos básicos

1. Describir el píxel como unidad básica de información, los diferentes esquemas de representación del color y las operaciones que actúan sobre él / **Conocimiento**
2. Describir formatos de almacenamiento de la imagen / **Comprensión**
3. Leer imagen desde archivo, elaborar histograma / **Comprensión**
4. Describir la máscara / **Conocimiento**
5. Filtrar imagen mediante máscara / **Comprensión**
6. Describir Transformadas espaciales / **Conocimiento**
7. Aplicar Transformadas espaciales / **Comprensión**

Tema: Dispositivos de captura de imagen

1. Describir los tipos de tecnologías de captura y evaluación de sus prestaciones / **Conocimiento**
2. Adquirir imagen según la tecnología seleccionada / **Comprensión**

B. Capturar vídeo

Tema: Elementos básicos

1. Describir el cuadro como unidad básica de información, los diferentes esquemas de codificación y las operaciones relacionadas / **Conocimiento**
2. Describir formatos de almacenamiento de vídeo (con o sin pérdidas) / **Conocimiento**
3. Leer vídeo desde archivo / **Aplicación**

Tema: Dispositivos de captura de vídeo

1. Describir los tipos de tecnologías de captura y evaluación de sus prestaciones / **Conocimiento**
2. Describir el códec, y su uso / **Conocimiento**
3. Adquirir vídeo según la tecnología seleccionada / **Aplicación**

C. Procesar imágenes

Tema: Técnicas de procesado digital de la imagen

1. Describir técnicas de procesado de la iluminación / **Conocimiento**
2. Describir técnicas de procesado del color / **Conocimiento**
3. Describir técnicas de formas / **Conocimiento**
4. Desarrollar máscara de extracción de bordes / **Comprensión**
5. Aplicar contraste / **Aplicación**
6. Aplicar desenfoque / **Aplicación**

D. Procesar vídeo

Tema: Técnicas de procesado digital del vídeo

1. Aplicar máscara de distorsión a una región espacial variable en espacio y tiempo / **Comprensión**

E. Programar servicios

Tema: Computación distribuida

1. Describir mecanismos de comunicación para procesamiento distribuido / **Conocimiento**
2. Describir XML / **Conocimiento**

3. Describir funcionamiento de SOA / **Conocimiento**
4. Definir e implementar plantilla de servicios de vídeo / **Comprensión**
5. Definir e implementar servicios de vídeo / **Aplicación**

F. Integración

1. Integrar la entidad desarrollada [*a*3.*cube.video*] con el resto de entidades / **Aplicación**
2. Solucionar los problemas de integración que surjan / **Aplicación**
3. Establecer criterios de verificación de calidad y tiempos de respuesta / **Conocimiento**
4. Verificar tiempos de respuesta y fiabilidad del sistema como un todo / **Aplicación**

G. Aprender de forma autónoma

1. Localizar y asimilar información a partir de su referencia / **Comprensión**
2. Autoevaluarse o evaluar a otros a partir de determinados criterios / **Comprensión**
3. Identificar los errores propios / **Comprensión**
4. Buscar información relevante para una tarea determinada / **Aplicación**

H. Trabajar en grupo

1. Identificar fuentes de error de comunicación entre los miembros del grupo / **Aplicación**
2. Explicar al grupo la tarea realizada y asegurarse de su comprensión por todo el grupo / **Aplicación**
3. Identificar adecuadamente las tareas a realizar por el grupo, repartir las tareas equitativamente, establecer fechas de entrega, e integrar las partes / **Aplicación**
4. Identificar y abordar los conflictos en el funcionamiento del grupo / **Aplicación**

3. Planteamiento

El proyecto consiste en el diseño, implementación, integración y documentación de una entidad *a*3.*cube/ a*3.*nexus* para servicios de vídeo. Este proyecto conecta con contenidos de otras asignaturas específicas de

ingeniero en sonido e imagen, de ingeniero en informática y licenciado en bella artes[369]. Los participantes deben decidir cuál es el método de captura, procesado y representación de vídeo más adecuado tanto desde el punto de vista hardware como software; incluso híbrido. Además deben aprender a vincular la inicialización y control del vídeo con servicios de comunicaciones. Por último los participantes deben ser capaces de integrar su desarrollo con otros desarrollos (de otros proyectos) y verificar su correcto funcionamiento en tiempo real.

4. Entregables

El proyecto deberá generar los siguientes entregables:

Documento anteproyecto de PFC: Los participantes deben redactar un anteproyecto donde planteen y definan los objetivos del proyecto, calendario de ejecución previsto, estimación de recursos, etc.

Documento de diseño: Los participantes deben proponer el hardware de captura de vídeo y los procedimientos de inicialización y control del vídeo y hacer un listado de todas las estructuras y procedimientos relacionados. Además deberán realizar una plantilla de servicios que corresponda a las estructuras y procedimientos propuestos.

Prototipo 1: El primer prototipo deberá ser capaz de implementar la entidad *a*3.*cube.video*: capturar, procesar y reproducir imagen y vídeo. Se utilizarán diversas técnicas de procesado como máscaras y filtros que actúen sobre una región espacial y temporalmente definida.

Prototipo 2: El segundo prototipo deberá integrar los servicios, es decir, se encargará del desarrollo de la interfaz *a*3.*nexus.video*.

Documento de PFC: Documento que integre la investigación previa con la realizada por los participantes: desarrollo de la entidad (*cube*) e interfaz (*nexus*), procesos de integración, validación, etc.

[369] Actualmente Grado en Arte.

5. Criterios de Calidad

La evaluación del trabajo se hará según el siguiente esquema:

20%	Entrega de, al menos, el 80% de todos los entregables y, sin excepción, la entrega del documento de PFC. En caso contrario la calificación será No Presentado.
20%	Conocimientos mínimos. Será necesario demostrar el conocimiento de al menos 1/3 de los temas y objetivos propuestos.
50%	Proyecto. Evaluación de los entregables según los criterios que se proponen a continuación.
10%	Actitud y participación. Se valorará el liderazgo en el grupo, asistencia regular al taller (aula) de proyectos, participación en el foro de consultas y la objetividad con que evalúa a sus compañeros.

Esta ponderación, en un contexto académico, estará condicionada por las competencias: generales y específicas, a desarrollar en la(s) materia(s). Este ejemplo no corresponde a un plan específico ni a un conjunto determinado de competencias. Simplemente asigna el mayor peso a la realización del Proyecto (50%) condicionado por un determinado porcentaje de cumplimiento (80% de un 20%) de entregables.

La siguiente tabla muestra el peso de cada entregable en la calificación final:

Documento anteproyecto de PFC	No tiene calificación
Documento de diseño	5% (calificación de grupo)
Prototipo 1	5% (calificación individual)
Prototipo 2	5% (calificación de grupo)
Integración	5% (calificación de grupo)
Documento de PFC	20% (calificación tribunal)
Verificación individual	10% (Calificación individual) 0 si no se hace bien 5 si se hace bien 10 si TODOS los miembros del grupo lo hacen bien
TOTAL:	**50%**

El coordinador deberá participar en la calificación del tribunal.

A continuación se muestran algunas rúbricas útiles para evaluar los entregables. Por simplicidad solo se establecen 3 niveles de calidad diferentes: insuficiente, suficiente y notable.

	Nivel de Calidad		
Criterio	1 Insuficiente	2 Suficiente	3 Notable
Redacción	Los objetivos no están claros. Hay faltas de ortografía. Los conceptos no quedan claro. Las referencias no son correctas. Existe inconsistencia. El esfuerzo es mínimo.	Los objetivos están claros aunque con alguna indefinición. El documento se entiende pero puede ser mejorable. Existen algunos errores de referencia y ortografía. Existe alguna inconsistencia en el uso de las variables y procedimientos. Con un poco más de esfuerzo podría estar mucho mejor.	Los objetivos están claros y bien definidos. No hay faltas de ortografía. El lenguaje es sencillo y se entiende perfectamente. Diferentes secciones claramente marcadas. Hojas, figuras, ecuaciones están bien numeradas. La bibliografía está bien referenciada. Denota esfuerzo y dedicación.
Contenido	No se entienden los conceptos. La elección del hardware no es correcta. Las estructuras y procedimientos propuestos son inadecuados. No se justifican los criterios de decisión.	La elección del hardware, estructuras de datos y procedimientos no están completamente justificadas y tienen algún punto oscuro en su descripción.	Los conceptos y objetivos están claramente definidos. La elección del hardware es óptima en cuanto a requerimiento/coste/rendimi ento. Las estructuras y procedimientos son definidos y justificados correctamente.
Planteamiento	No se entiende el propósito o necesidad de estructuras y	La propuesta es buena, aunque susceptible de	Las estructuras y procedimiento están claros, bien descritos con una definición clara de sus

	procedimientos. No está clara su implementación.	mejoras. Se entiende lo que se quiere hacer pero, para su implementación, harán falta aclaraciones adicionales.	entradas y salidas. Esta información es suficiente para su implementación.

80. Rúbrica que establece los criterios para la evaluación del documento de diseño.

	Nivel de Calidad		
Criterio	1 Insuficiente	2 Suficiente	3 Notable
Conclusiones	No se cumplen los objetivos. Las conclusiones son insuficientes y nebulosas. No queda clara una posible solución. No hay una línea clara a seguir.	No se consigue el cumplimiento de todos los objetivos propuestos. Las conclusiones son insuficientes. No hay una línea clara de qué ha fallado y por qué. Se sugieren algunas líneas de mejoras y trabajos futuros.	Consecución de los objetivos propuestos. Se hace un buen análisis de rendimiento/calidad/robustez. Hay una pequeña conclusión por sección que ayuda a clarificar los apartados. Se sugieren acciones de mejoras.

81. Rúbrica que establece los criterios para la evaluación del documento del PFC.

	Nivel de Calidad		
Criterio	1 Insuficiente	2 Suficiente	3 Notable
Correcto	La aplicación falla con frecuencia.	La aplicación falla en algunas ocasiones.	La aplicación funciona bien ante todas las pruebas.
Robusto	Se queda colgada con frecuencia ante errores típicos.	Es razonablemente robusto. Se bloquea raramente.	Resiste ante errores previstos y no previstos.
Amigable	No se entiende lo que pide la aplicación. Es difícil interpretar los mensajes que genera.	Los mensajes que genera la aplicación son suficientes. Ante algunas opciones surgen dudas de qué hacer o cómo.	La interacción con la aplicación es clara. Los datos de entrada y salida están bien definidos, así como la interpretación de los resultados y mensajes que produce.

Organización	El código no tiene lógica.	La organización y estructuración del código es razonable. Detectar dónde y cómo cambiar el código para modificar su comportamiento no es siempre igual de claro.	El código es legible y organizado. Es fácil detectar dónde actuar para modificar alguna propiedad o funcionalidad.
Documentación	No hay comentarios (o los que hay son de dudosa utilidad). El código no está bien indentado. Los nombres de variables y procedimientos son inconsistentes y no ayudan a la comprensión de su uso. Es muy difícil reutilizar el código.	Los comentarios son suficientes, aunque falta alguna aclaración necesaria. El código está correctamente indentado aunque el nombre de variables y procedimientos tiene alguna inconsistencia.	Los comentarios del código son los justos y muy claros. Los puntos complicados del código tienen comentarios suficientemente clarificadores. Las variables y procedimientos tienen nombres que ayudan a comprender su uso. Las referencias son consistentes. El código está bien indentado.
Integración	La entidad no responde. No es capaz de comunicar sus servicios. No reacciona a solicitudes de servicios y, cuando lo hace, su comportamiento es errático.	La entidad no siempre responde con la misma exactitud y prontitud.	El uso de la entidad desde otros módulos es correcto y solo falla en raras ocasiones.

82. Rúbrica que establece los criterios para la evaluación de los prototipos.

Para la evaluación del prototipo 2 se debe añadir dos ítems adicionales:

	Nivel de Calidad		
Criterio	1 Insuficiente	2 Suficiente	3 Notable
Integración	La entidad no responde. No es capaz de comunicar sus servicios. No reacciona a solicitudes de servicios y, cuando lo hace, su comportamiento es errático.	La entidad no siempre responde con la misma exactitud y prontitud.	El uso de la entidad desde otros módulos es correcto y solo falla en raras ocasiones.
Comparación	El código es peor que el mío.	Este código es similar.	Este código es mejor.

83. Rúbrica adicional para la evaluación del prototipo 2.

Obsérvese que las rúbricas ofrecen un sistema de evaluación objetivo; lo que permite un seguimiento adecuado para garantizar el éxito de las actividades además de una valiosa herramienta de autoevaluación y seguimiento. Es posible establecer todos los criterios y niveles de calidad necesarios y ponderar el peso de los criterios.

6. Lista previa de tipos de actividades

Se prevén los siguientes tipos de actividades:

Puzles: Los participantes se reparten el estudio de los temas del proyecto, se explican mutuamente los temas y se aseguran que todos los participantes han entendido "lo mismo" y han aprendido todos los temas. Además participarán en los puzles del resto de los grupos.

Lecturas individuales: Los participantes leen materiales expresamente elaborados para el proyecto o literatura especializada en los temas que intervienen. Se realizarán un número limitado de *clases expositivas* para aclarar las dudas que surjan a lo largo del proyecto.

Trabajo en grupo: Los participantes de un grupo compartirán un mínimo de 1 hora a la semana para el desarrollo de los prototipos y al menos 2 horas al mes para realizar las actividades que correspondan (puzles, desarrollos,

integración, evaluación, etc.) con el resto de los grupos. El punto de encuentro de los grupos será el Taller (Aula) para Proyectos Transdisciplinares.

Autoevaluaciones: Los participantes deberán valorar ejercicios individuales sobre los temas del proyecto.

Evaluaciones de grupo: Cada grupo evalúa entregables preparados por otros grupos.

7. Incorporación de ingredientes para aprendizaje cooperativo

Interdependencia positiva

Un participante avanzado puede hacer todo el proyecto solo. Desde ese punto de vista la interdependencia es débil. No obstante se puede realizar en pareja y el empleo de la técnica de puzle garantiza, en este caso, la necesidad de cada participante para completar el trabajo (si no hace su parte, los conocimientos serán incompletos).

Sin embargo, la completitud de cada proyecto es imprescindible para la consecución del proyecto global (obra premiada). Desde este punto de vista la interdependencia es muy fuerte. Las técnicas de puzle serán muy importantes para la terminación del proyecto como un todo.

Exigibilidad individual

En cada entrevista, en el taller (aula) de proyectos transdisciplinares, el coordinador deberá valorar el grado de conocimiento del proyecto, según la etapa, mediante preguntas individuales a cualquier miembro del grupo. Si las respuestas no son las adecuadas deberá resentir la calificación total del grupo. Para reforzar la interdependencia positiva y la exigibilidad individual el coordinador podrá premiar, con 1 punto a la calificación de la prueba individual, en el caso que todos los miembros hayan obtenido una calificación igual o superior a 6.

Interacción cara a cara

Muchas actividades como el puzle, determinadas fases de desarrollo de prototipos e integración requieren la interacción activa de todos los

miembros de los grupos. Se usarán varias horas de clases previstas para esta actividad. Además, algunas de las horas de clases previstas no tendrán asignadas tareas concretas y estarán a disposición de los grupos para que pueden celebrar sus reuniones, sin problemas de compatibilidad de horarios.

Habilidades interpersonales y de trabajo en grupo

El coordinador dispondrá de una serie de recursos sobre habilidades interpersonales y de trabajo en grupo a los que recurrirá en caso de que se produzcan conflictos o dificultades. Es necesario tener en cuenta la heterogeneidad de los grupos y habilidades. En este entorno, "el coordinador" es una herramienta imprescindible para la integración del conocimiento. En dependencia de los campos de conocimientos requeridos los coordinadores, a su vez, trabajarán en grupos y compartirán activamente la planificación y el desarrollo de las tareas y la solución de los problemas.

Reflexión sobre el trabajo hecho

Al mes de iniciado el proyecto el coordinador debe evaluar la percepción de los participantes acerca del funcionamiento. El mecanismo puede ser mediante una pequeña encuesta anónima, a contestar con rapidez y concreta, o mediante la elaboración de un listado de las cosas que, a su juicio, funcionan bien, las que no y las acciones que se podrían activar para superarlas.

8. Plan Semanal

Los participantes, en general, deben dedicar una media de 4 horas semanales de trabajo individual o de grupo. Cada semana hay programadas 2 horas en el horario de clases (en el taller de proyectos transdisciplinares) pero solo habrá una sesión de 1/2 hora de trabajo ("clase") con el coordinador. Esta media hora puede servir para exponer determinados conocimientos, en forma de clase tutorial, o para aclarar dudas. El resto del tiempo estará a disposición de los participantes para que puedan hacer las reuniones de grupos y el trabajo en el taller (aula). El coordinador, durante esa 1 1/2 hora restante estará disponible para consultas en el taller de proyectos transdisciplinares o en su despacho.

Cuando se hace mención a un subproyecto, se refiere, en realidad, al proyecto que desarrolla la entidad *a*3.*cube.video*, *a*3.*nexus.video*, mientras que la referencia a proyecto es reservada al proyecto ganador (formado por los diversos subproyectos). “Un grupo”, en este contexto, está relacionado con los participantes que desarrollan un subproyecto. “Todos los grupos” está relacionado con todos los participantes, organizados en grupos, que intervienen en el proyecto. Un grupo puede estar formado por un solo participante, pero, en ningún caso, un participante formará más de un grupo.

En la siguiente tabla se identifican con claridad los entregables y los resultados parciales (tanto individuales como de grupo). Los resultados parciales deben estar siempre disponibles para consulta (organizados en una carpeta) y pueden servir de base para la elaboración sistemática del entregable final: documento del proyecto de fin de carrera.

Sem	Tareas en el aula (2 horas)	Trabajo personal o en grupo (2 horas)
1	Presentación del proyecto y subproyecto. Instrucciones para el puzle 1.	Estudio individual del puzle 1 (1h). Búsqueda de información sobre imagen digital. **Resultado parcial individual**: *Informe acerca de los resultados de la búsqueda* (1h).
2	Reunión para aclaración de dudas y clase expositiva acerca de la imagen.	Búsqueda de información sobre formatos de archivo para el almacenamiento de imagen digital. Preparación de la reunión con el grupo. **Resultado parcial individual**: *Informe que explique los resultados de la búsqueda* (1h). *Propuesta de ejercicio con soluciones sobre los temas estudiados para entregar al resto* (1h).
3	Reunión de expertos para aclaración de dudas y realizar un ejercicio sobre ordenador (1:30h). Ejercicio individual sobre el tema y verificación. **Resultado parcial de grupo**: *Solución*	Reunión del grupo para valorar las soluciones y resultados del ejercicio sobre ordenador (30’) y para explicarse mutuamente las partes del puzle 1. **Resultado parcial individual**: *Informe de autoevaluación* (1h).

	acordada para ejercicio (30')	
4	Clase expositiva para resolver dudas (30'). Práctica guiada sobre lectura y representación de la imagen digital (1h).	Búsqueda de información sobre procesado de imagen digital. **Resultado parcial individual**: *Informe acerca de los resultados de la búsqueda* (1h). *Propuesta de ejercicios con soluciones para aplicación de máscara y filtrado* (1h).
5	Realizar ejercicios propuestos sobre ordenador.	Reunión del grupo para valorar las soluciones y resultados del ejercicio sobre ordenador (1h). Búsqueda de información sobre transformadas de imagen digital (1h).
6	Realizar ejercicios propuestos sobre ordenador.	**Resultado parcial individual**: *Informe que explique los resultados de los ejercicios propuestos.* **Entregable de grupo**: *Documento de Diseño*.
7	Reunión de expertos para aclaración de dudas. Práctica guiada acerca de las transformaciones en 2D.	Búsqueda de información sobre dispositivos de captura de imagen digital. **Resultado parcial individual**: *Informe sobre los resultados de la búsqueda*
8	Realizar ejercicios anteriores sobre ordenador utilizando como entrada la imagen desde el dispositivo de captura (1:30h). Instrucciones para la siguiente semana (15')	Reunión del grupo para valorar las soluciones y resultados del ejercicio sobre ordenador (1h). **Resultado parcial de grupo**: *La imagen digital* (1h).
9	Clase expositiva para resolver dudas. Ejercicio individual sobre tema estudiado y verificación en grupos.	Búsqueda de información sobre vídeo digital. **Resultado parcial individual**: *Informe explicativo sobre los resultados de la búsqueda.*
10	Reunión para aclaración de dudas y clase expositiva acerca del vídeo.	Preparación de la reunión con el grupo. Búsqueda de información sobre formatos de archivo para el almacenamiento del vídeo digital. **Resultado parcial individual**: *Informe sobre los resultados de la búsqueda* (1h). *Propuesta de ejercicio con soluciones sobre los temas estudiados para*

		entregar al resto (1h).
11	Reunión de expertos para aclaración de dudas (30’) y realizar ejercicios propuestos sobre ordenador (1:30h).	Búsqueda de información sobre dispositivos de captura de vídeo digital. **Resultado parcial individual**: *Informe acerca de los resultados de la búsqueda*
12	Realizar ejercicios anteriores sobre ordenador utilizando como entrada el vídeo desde el dispositivo de captura. Instrucciones para la siguiente semana (15’)	Reunión del grupo para valorar las soluciones y resultados del ejercicio sobre ordenador (1h). **Resultado parcial de grupo**: *El vídeo digital* (1h).
13	Reunión de expertos para aclaración de dudas. Práctica guiada acerca de la decodificación del vídeo en tiempo real.	Búsqueda de información sobre procesado digital de la imagen. **Resultado parcial individual**: *Un informe explicando los resultados de la búsqueda*
14	Clase expositiva para resolver dudas. Ejercicio individual sobre tema estudiado y verificación en grupos.	**Resultado parcial individual**: *Informe sobre procesado de: iluminación, color y forma, para entregar al resto* (1h). Propuesta de ejercicio con soluciones sobre: extracción de bordes, contraste y desenfoque, para entregar al resto (1h).
15	Realizar ejercicios propuestos sobre ordenador utilizando como entrada la imagen desde el dispositivo de captura.	Reunión del grupo para valorar las soluciones y resultados del ejercicio sobre ordenador (1h). Propuesta de ejercicio para realizar los ejercicios anteriores sobre el vídeo en tiempo real (1h).
16	Realizar ejercicios propuestos sobre ordenador utilizando como entrada el vídeo desde el dispositivo de captura. Instrucciones para el puzle 2.	Estudio individual del puzle 2 (1h). **Resultado parcial de grupo**: *Procesado digital de Imagen y Vídeo*.
17	Clase expositiva para resolver dudas. Práctica guiada acerca del procesado de vídeo en tiempo real (1h).	Reunión del grupo para diseñar el prototipo 1 de *a*3*.cube.video*. **Resultado parcial individual**: *Informe con las variables*

	Primera prueba de conocimientos mínimos (1h).	*y procedimientos propuestos.*
18	Inicio de prototipo 1.	Reunión del grupo para valorar el primer prototipo de *a*3.*cube.video*. (1h). Propuesta de cambios a realizar (1h).
19	Continuación del desarrollo del prototipo 1.	Reunión del grupo para valorar el desarrollo del primer prototipo de *a*3.*cube.video* (1h). Reunión de todos los grupos para explicarse mutuamente las partes del puzle 2 (1h).
20	Reunión de expertos para aclarar dudas (1h). Terminación del desarrollo del prototipo 1.	Puesta a punto del prototipo 1 (1:30h). **Resultado parcial individual**: *Informe de resultados del primer prototipo* (1h).
21	Entrega y demostración del primer prototipo. **Entregable de grupo**: *Primer prototipo (a*3.*cube.video).*	Búsqueda de información sobre XML. **Resultado parcial individual**: *Un informe explicando los resultados de la búsqueda*
22	Clase expositiva para resolver dudas. Ejercicio individual sobre tema estudiado y verificación en grupos.	Acabar ejercicio individual (1h). Propuesta de ejercicio para controlar el vídeo en tiempo real mediante tramas XML (1h).
23	Realizar ejercicios propuestos sobre ordenador.	Búsqueda de información sobre modelo de interconexión de sistemas abiertos (OSI). **Resultado parcial individual**: *Un informe explicando los resultados de la búsqueda*
24	Clase expositiva para resolver dudas. Ejercicio individual sobre tema estudiado y verificación en grupo.	Búsqueda de información sobre comunicación entre procesos. **Resultado parcial individual**: *Un informe explicando los resultados de la búsqueda*
25	Propuesta grupal (todos los grupos) de ejercicio de comunicación interprocesos (1h). Realizar ejercicios propuestos sobre ordenador (1h).	Búsqueda de información sobre Arquitectura Orientada a Servicios. **Resultado parcial individual**: *Un informe explicando los resultados de la búsqueda*

26	Reunión para aclaración de dudas y clase expositiva acerca de la Arquitectura Orientada a Servicios.	Preparación de la reunión con grupo (1h). Propuesta de ejercicio con soluciones sobre los temas estudiados para entregar al resto (1h).
27	Reunión de expertos para aclaración de dudas y realizar un ejercicio sobre ordenador (1:30h). Ejercicio individual sobre tema y verificación. **Resultado parcial de grupo**: solución acordada para ejercicio (30')	Reunión de todos los grupos para valorar las soluciones y resultados del ejercicio sobre ordenador (1h). **Resultado parcial individual**: *Informe de autoevaluación* (1h).
28	Clase expositiva para resolver dudas (1h). Inicio del ejercicio de integración (segunda parte del prototipo del proyecto) (1h).	Reunión del grupo para diseñar el prototipo 2 de *a*3.*nexus.video*. **Resultado parcial individual**: *Informe con las variables y procedimientos propuestos.*
29	Inicio de prototipo 2.	Reunión del grupo para valorar el segundo prototipo *a*3.*nexus.video*. (1h). Propuesta de cambios a realizar (1h).
30	Reunión de expertos para aclarar dudas (1h). Continuación y terminación del desarrollo del prototipo 2.	Puesta a punto del prototipo 2 (1:30h). **Resultado parcial individual**: *Informe de resultados del segundo prototipo* (1h).
31	Instrucciones para el puzle 3. Entrega y demostración del segundo prototipo (1h). **Entregable de grupo**: *Segundo prototipo (a*3.*nexus.video).*	Estudio individual del puzle 3 (1h). Reunión de los grupos para valorar las tareas de integración. **Resultado parcial individual**: *Listado de tareas de integración* (1h).
32	Evaluación del prototipo 2 (1h). **Entregable de grupo**: *Formulario de evaluación* Inicio del ejercicio de integración (1h).	Reunión de todos los grupos para valorar los problemas de integración y explicar al resto de los grupos las partes del puzle 3 (1h). Propuesta de soluciones sobre los problemas de integración para entregar al resto (1h).

33	Segunda prueba de conocimientos mínimos (1h). Continuación del ejercicio de integración (1h).	Preparación de la reunión con grupo (1h). Búsqueda de información sobre diseño de pruebas. **Resultado parcial individual**: *Informe sobre los resultados de la búsqueda*
34	Reunión de expertos[370] para aclaración de dudas (1h). Finalización del ejercicio de integración (1h). **Entregable de grupo**: *Documento de integración*	Reunión del grupo para revisión del Documento de PFC. **Resultado parcial individual**: *Informe de autoevaluación*
35	**Entregable de grupo**: *Documento de PFC*	Reunión de todos los grupos para acordar mejoras a incorporar en el proyecto general.
36	Evaluación final del Proyecto **Entregable individual**: *Cuestionarios de evaluación*	Tercera y última prueba de conocimientos mínimos (1h) **Entregable individual**: *Resultado de la prueba individual*

84. Listado de entregables y los resultados parciales (tanto individuales como de grupo).

Obsérvese que, de las 36 semanas, 13 (semanas 16, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 31, 32, 35 y 36), correspondiente aproximadamente al 36%, están dedicadas a trabajos conjuntos de todos los grupos. Estas sesiones son muy importantes para la integración del proyecto y ofrecen la oportunidad a los participantes y coordinadores involucrados de “conectar” con el trabajo del resto de los grupos. Las sesiones se deben planificar cuidadosamente para que correspondan en la misma semana en todos los planes, de todos los subproyectos.

---

[370] El experto no es necesariamente el más competente en una disciplina sino un coordinador que provee un espacio de discusión productivo. Incluso como ejercicio académico el rol de experto lo puede asumir un alumno.

9. Preparación de Materiales

El coordinador deberá elaborar y poner a disposición los tres puzles. El primero dedicado al tratamiento digital del vídeo. El segundo dedicado a la construcción de prototipos (como parte del ciclo de vida de un proyecto de ingeniería) y el tercero y último dedicado a la integración: problemas y soluciones. Obsérvese que, excepto el primero de los puzles, dedicado al subproyecto; los otros están dedicados al proyecto general y deben participar todos los participantes y coordinadores involucrados.

Para cada uno de los puzles es necesario preparar un ejercicio individual sobre cada parte, para los grupos de expertos; dos ejercicios integradores del proyecto a resolver por cada grupo después de haberse explicado los temas del puzle y un grupo de ejercicios sobre los temas del puzle, con sus soluciones, para que los participantes puedan autoevaluarse.

Es necesario preparar los guiones de las 8 clases expositivas, destinadas a aclarar las “posibles” dudas que puedan surgir de los puzles y preparar ejercicios ilustrativos[371].

Todos los materiales deben estar disponibles 2 semanas antes del momento previsto para su uso, de acuerdo con el plan semanal. El plan semanal deberá estar definido en la última semana de julio (teniendo en cuenta que agosto es un mes de vacaciones en el calendario universitario)[372].

---

[371] Se debe tener en cuenta que la técnica de aprendizaje cooperativo basada en proyecto, en este contexto, se aplica a una asignatura “nueva”. Es una asignatura porque se evalúa mediante el PFC, pero su contenido no pertenece a algún plan de estudio en concreto. En este sentido es “nueva”. Su contenido se ajusta al conocimiento necesario para resolver un subproyecto genérico; que se define en dependencia de la propuesta artística y en el momento en que ésta recibe premio. Fuera del ámbito académico no se trata de una asignatura sino de un caso de estudio con sus particularidades y especificidades. Las clases expositivas y ejercicios ilustrativos no pueden ser exportados literalmente pero si sustituibles por reuniones de trabajo adecuadas a la planificación diseñada.

[372] El plan semanal lo prepara, en el ámbito universitario, un profesor. Fuera del ámbito académico el profesional que juegue el rol de planificador o responsable de la Restauración.

10. Revisión del Temario y Objetivos

Para el desarrollo del proyecto aparecen tres temas: XML, modelo OSI y comunicación entre procesos que no aparecen en el desarrollo del proyecto y que, sin embargo, se mantienen como objetivos por su importancia en el desarrollo de la interfaz (*nexus*) aunque no son evaluables (en las semanas 24 y 27).

Hay dos temas que se abordan en forma de puzles comunes a todos los subproyectos: *prototipado* e *integración*. La entrega de los resultados parciales individuales son obligatorios pero no evaluables. Solo los entregables son evaluados. Las pruebas escritas (tanto individuales como de grupo) son también evaluables y deben verificar si se han alcanzado los objetivos de aprendizaje.

11. Plan de Evaluación del Proyecto

Las bases de valoración sobre el funcionamiento del proyecto son:

Tiempo de dedicación semanal a las actividades del proyecto

Valoración de los entregables

Valoración de conocimientos mínimos

Autoevaluación de los ejercicios propuestos

Resultados del cuestionario de incidencias críticas y del cuestionario de funcionamiento de grupo

Encuesta de valoración final del grupo

Informes sobre el trabajo en grupo

Evaluación de los prototipos

Evaluación del documento de PFC

Evaluación final del proyecto

12. Guía del Proyecto

En la sesión de presentación del subproyecto se entrega al participante la siguiente guía:

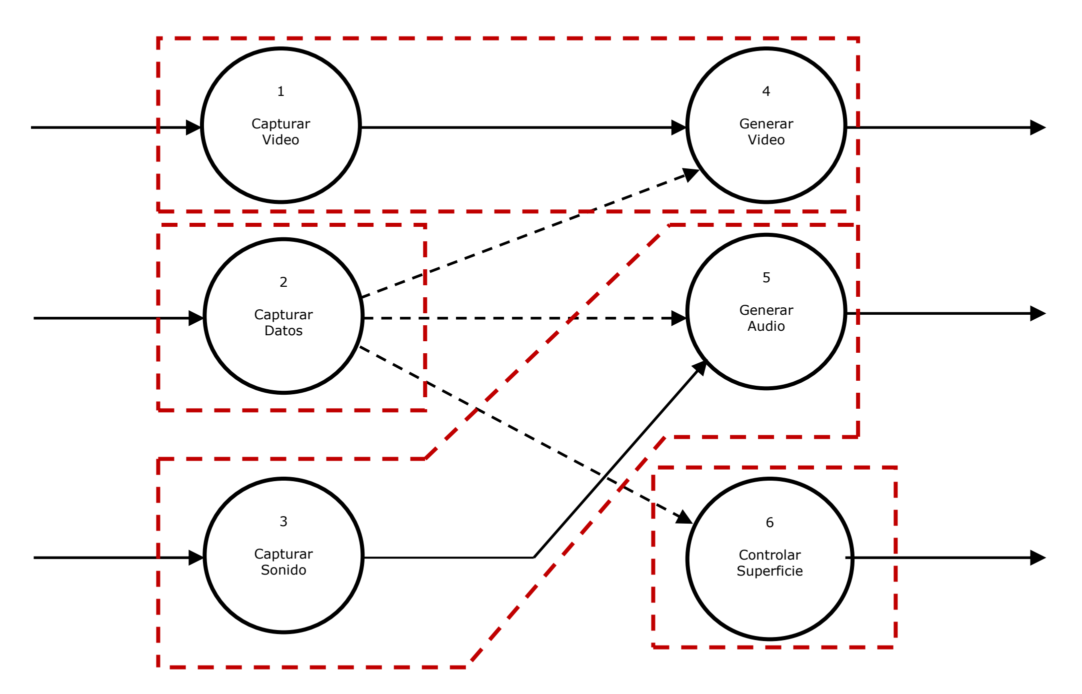
***a*3.cube.video**

Presentación

El subproyecto consiste en el diseño e implementación de la entidad *a*3*.cube.video* y su integración con el resto de entidades del proyecto. Este subproyecto forma parte del proyecto "Atmos Data ß": premiado en la X edición del concurso ARTCUBE.

Aspectos previos

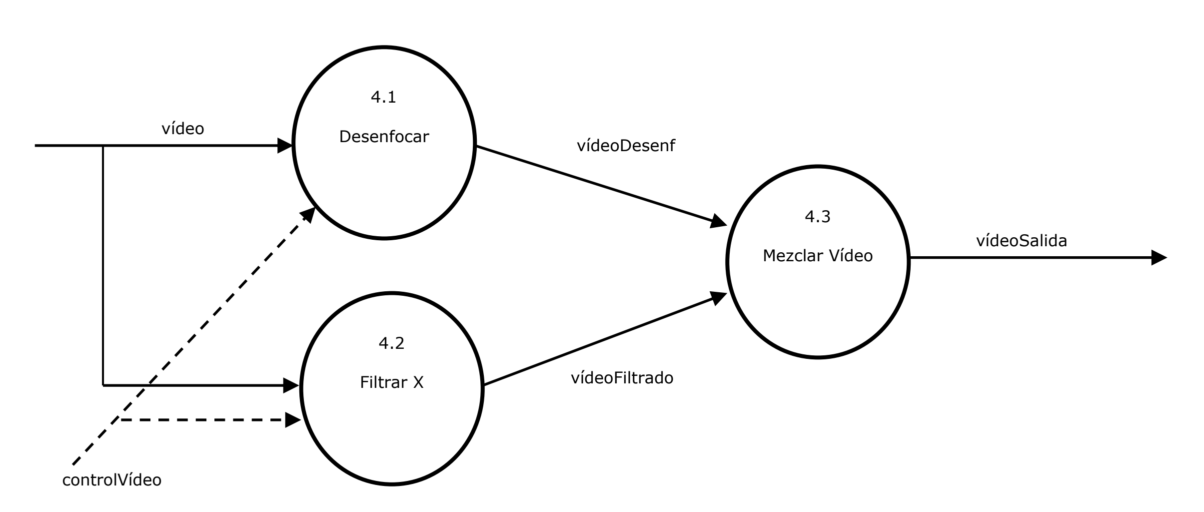
La entidad (*cube*) de este subproyecto es definida por las burbujas 1 y 4 del siguiente diagrama de flujo de datos simplificado, correspondiente al proyecto "Atmos Data ß".



85. División en servicios para el caso de estudio.

imagenEntrada
1
Capturar
Video
vídeo
4
Generar
Vídeo
vídeoSalida
controlVídeo
datosEntrada
2
Capturar
Datos
controlAudio
5
Generar
Audio
sonidoSalida
controlPiel
B.D. Referencia
sonidoEntrada
3
Capturar
Sonido
6
Controlar
Superficie
controlPiel

86. Diagrama de nivel 1 del proyecto *Atmos Data ß*.



87. Diagrama de nivel 2 de la burbuja 4 del proyecto *Atmos Data ß*.

La definición de interfaz de la entidad (nexus) se lista a continuación:

*a*3.*nexus.video*

1. **capturarImagen(): imagen**
Este procedimiento captura y devuelve una imagen de la cámara

2. **alterarImagen(imagen imagenEntrada, double gradoDesenfoque, double gradoFiltrado, double Mezcla): imagen**
Este procedimiento recibe como entradas una imagen, el grado de desenfoque, el grado de filtrado y el porcentaje a utilizar para la mezcla (e.g., 0.4 significaría que en la mezcla el 40% sería de la imagen desenfocada y el 60% de la filtrada) y devuelve la imagen modificada.

3. **mostrarImagen(imagen imagen): null**
Este procedimiento muestra una imagen por el sistema de salida de vídeo conectado al sistema.

4. **capturarVideo(): video**
Este procedimiento captura un flujo de vídeo de la cámara y lo devuelve.

5. **alterarVideo(video videoEntrada, double gradoDesenfoque, double gradoFiltrado, double Mezcla): video**
Este procedimiento recibe como entradas un flujo de vídeo, el grado de desenfoque, el grado de filtrado y el porcentaje a utilizar para la mezcla (e.g., 0.4 significaría que en la mezcla el 40% sería de la imagen desenfocada y el 60% de la filtrada) y devuelve el flujo de vídeo modificado.

6. **mostrarVideo(video video): null**
Este procedimiento reproduce vídeo por el sistema de salida de vídeo conectado al sistema.

7. **inicializarVideo(struct config configVideo): null**
Este procedimiento permite inicializar el sistema de captura y reproducción de vídeo. **config** es una estructura que deberá establecer parámetros como: selección de entrada, selección de salida, tamaño de la imagen, velocidad de captura, velocidad de refresco, resolución (bits por color), espacio de color, etc.

Requerimientos

La entidad a construir deberá funcionar integrada en el entorno de procesado distribuido del cual forma parte con un alto nivel de robustez y dinamismo. Y deberá funcionar, como si de una pieza LEGO se tratase, en cualquier otro entorno que utilice la misma infraestructura tecnológica (*a*3.cube/ *a*3.nexus), aún sin conocimiento previo de su funcionamiento interno.

Plan de trabajo

El subproyecto se descompone en las siguientes fases:

Estudio previo

Cada grupo debe recopilar la información sobre el problema: captura, procesado y visualización de imagen y vídeo digital y sobre procesado distribuido[373]. Mucha de esta información puede proceder de los materiales y clases de Tratamiento digital de la imagen y Equipamiento de Estudios (de Ingeniería Técnica de Sonido e Imagen), Ingeniería Software y Programación Concurrente y Distribuida (de Ingeniería en Informática), etc. En particular, es importante localizar y estudiar información sobre sistemas operativos distribuidos, redes, arquitecturas multiprocesador, etc. y poseer un alto grado de programación (estructurada y orientada a objetos).

*Desarrollo y prueba del prototipo 1 correspondiente a la tecnología a*3.*cube*.

Para llegar a la fase final de integración se desarrollan dos prototipos del subproyecto. El prototipo 1 deberá realizar todas las funcionalidades audiovisuales previstas (*cube*). Se iniciará en clase, en la sesión 18, y deberá estar listo y documentado en la sesión 20. El resultado será evaluado por el coordinador, que hará las indicaciones oportunas, a tener en cuenta, para el prototipo final.

---

[373] Este enfoque admite muchas variantes. La idea de aportar poca información es para enseñar al alumno a encontrarla pero en un entorno de trabajo no es necesario aplicar este tipo de restricciones; por el contrario, se debe suministrar al equipo toda la información disponible acerca del objeto de Restauración: la denominada documentación incial.

*Desarrollo y prueba del prototipo 2 correspondiente a la tecnología a*3.*nexus*.

El prototipo 2 deberá realizar todas las funcionalidades de comunicación previstas (*nexus*). Se iniciará en clase, en la sesión 29, y deberá estar listo y documentado en la sesión 31. El resultado será evaluado por el coordinador, que hará las indicaciones oportunas, a tener en cuenta, para el prototipo final.

Integración en el proyecto Atmos Data ß.

La etapa de integración deberá garantizar el correcto funcionamiento del prototipo de la entidad desarrollada con respecto al resto de entidades que conforman el proyecto. Se iniciará en clase, en la sesión 32, y deberá estar listo y documentado en la sesión 34. El resultado será evaluado por el coordinador y por el resto de los grupos.

Resultados y evaluación del subproyecto

Los resultados del subproyecto corresponden a:

Documento de diseño	A entregar antes de la sesión 6
Prototipo 1 (cube)	A entregar antes de la sesión 20
Prototipo 2 (nexus)	A entregar antes de la sesión 31
Integración	A entregar antes de la sesión 34
Documento de PFC	A entregar en la sesión 35

En la sesión 36 se realizará una evaluación del proyecto por parte de otros compañeros (con la colaboración de todos los grupos)[374].

---

[374] Esto supone la división del proyecto de Restauración en subgrupos que pueden trabajar con independencia, en paralelo. La evaluación por pares es otra estrategia eficaz aplicada en la enseñanza universitaria que, en un entorno de trabajo, puede ser aplicable solo cuando existe ésta división. Por ejemplo, en un proyecto internacional donde diferentes grupos se encargan de la Restauración de distintas entidades e interfaces. En este caso los problemas de sincronización del proyecto e integración de sus partes serán más complejos de resolver a la vez que se dispongan de otro tipo de mecanismos que puedan facilitar la labor.

La calificación del proyecto se establecerá con el siguiente criterio:

Documento anteproyecto de PFC	No tiene calificación
Documento de diseño	5% (calificación de grupo)
	5% (calificación individual)
Prototipo 2	5% (calificación de grupo)
Integración	5% (calificación de grupo)
Documento de PFC	20% (calificación tribunal)
Verificación individual	10% (Calificación individual)
	0 si no se hace bien
	5 si se hace bien
	10 si TODOS los miembros del grupo lo hacen bien
TOTAL:	**50%**

El diseño del subproyecto 1 sirve de ejemplo en la aplicación del método. Sin embargo, para el proyecto *Atmos Data ß*, es necesario el diseño del resto de los subproyectos: *a*3.*cube.captura*, *a*3.*cube.sonido* y *a*3.*cube.control* y su perfecta integración.

Conclusiones

Es precisamente en los límites o desbordamientos entre las disciplinas donde se ubican las ciencias interdisciplinares comentadas. No hay ya lugar para la exclusión y aislamiento de ninguna disciplina. Según Foucault[375].

> El orden es a la vez lo que se da en las cosas como su ley interior, la red secreta según la cual se miran unas a otras, y lo que no existe a través de la reja de una mirada, de un lenguaje, solo en las casillas blancas de ese tablero se manifiesta en profundidad como ya estando ahí, como esperando en silencio el momento de ser enunciado.

La naturaleza es un todo polisistémico que se rebela cuando es reducido a sus elementos. Y se rebela, precisamente, porque, así, reducido, pierde las cualidades emergentes del *todo* y la acción de éstas sobre cada una de las *partes*. Este *todo polisistémico*, que constituye la naturaleza global, obliga,

[375] Foucault, Michel. *La arqueología del saber*, Siglo XXI, México, 1978.

incluso, a dar un paso más en esta dirección: la adopción de una *metodología transdisciplinar* que capture la riqueza de la interacción entre los diferentes subsistemas que estudian las disciplinas particulares. No se trata simplemente de sumar varias disciplinas, agrupando sus esfuerzos para la solución de un determinado problema (cierta multidisciplinariedad); ni tampoco es suficiente, en muchas ocasiones, la interdisciplinariedad. Este proceso cognitivo exige el respeto a la interacción entre los objetos de estudio de las diferentes disciplinas y la consecución de la transformación e integración de sus aportes respectivos en un todo coherente y lógico; lo que implica, para cada disciplina, la revisión, reformulación y redefinición de sus propias estructuras lógicas individuales, establecidas aisladas e independientes del sistema global con el que interactúan.

La investigación transdisciplinar añade el hecho de que está constituida por una completa integración teorética y práctica. En ella, los participantes transcienden las propias disciplinas logrando crear un nuevo mapa cognitivo común sobre el problema en cuestión, es decir, llegan a compartir un marco epistémico amplio y meta-metodologías que les sirven para integrar conceptualmente las diferentes orientaciones de sus análisis: postulados o principios básicos, perspectivas o enfoques, procesos metodológicos, instrumentos conceptuales, etc.

Las trayectorias curriculares universitarias transversales, en particular la de los *Grados Híbridos*, son el elemento principal de la nueva cartografía Universitaria con fronteras interdisciplinares permeables, difusas, donde cada vez el concepto de Facultad o Escuela pierda gradualmente sentido. Son muchas las áreas susceptibles de hibridación y muchas las que han surgido de este proceso. Las metodologías son necesarias pero no suficientes. Es imprescindible un transvase de conocimiento interdisciplinar, la compartición de las diferentes axiomáticas y, entre otros, el desplazamiento de la Universidad (como eje propulsor del conocimiento) del paradigma científico del universo mecánico al paradigma científico del universo complejo.

La eficacia de la metodología A3 o MPT depende de muchos factores. Para conseguir la integración adecuada es importante mantener la correspondencia del plan semanal de las actividades de todos los grupos. La evaluación inicial parte de una serie de asunciones que el grupo puede rechazar. En ese caso es necesario la identificación de las tecnologías

utilizables y el estudio de viabilidad de soluciones alternativas pero deberá ajustarse, en cualquier caso, a las premisas de la metodología, ajuste al presupuesto asignado, uso de tecnologías harware/software libre y de bajo coste. En este escrito, los grupos están formados por participantes y coordinadores pero no son exclusivos a este ámbito y pueden aglutinar profesionales de diversas disciplinas.

Aunque las técnicas de ABP suelen tener un alcance y duración máximo limitado entre 6 y 12 semanas, esta metodología trata un subproyecto como una secuencia de 3 proyectos extensos, de 12 semanas, (en el sentido clásico de ABP). Para ello es necesario definir correctamente una serie de subobjetivos y su correspondiente forma de evaluación, fundamentalmente los entregables. En el diseño del subproyecto ejemplo se definen claramente 3 hitos: el primero relacionado con la comprensión de las bases y herramientas relacionadas con la imagen y el vídeo digital, el segundo relacionado con el prototipado y el tercero con la integración con cierto solapamiento con la comprensión de técnicas de sistemas de computación distribuidos.

Los subproyectos con entidad de PFC son extensos. En el caso de subproyectos “reducidos” (menores de 36 semanas) se debe plantear la posibilidad de unión con otros que permitan una planificación para 36 semanas. En caso contrario, si el subproyecto correspondiente a una entidad fuese de mayor magnitud (> 36 semanas), habría que considerar el particionamiento adecuado y trabajar los subproyectos relacionados con mayor número de actividades grupales (subgrupales).

La relevancia técnica de los resultados debe tener la misma o mayor importancia, inclusive, que la educativa porque el proyecto (como un todo) tiene que ser realizado en el plazo de 36 semanas. Desde este punto de vista, el desarrollo del trabajo es un proyecto en toda regla: tiene un cliente, presupuesto y un plazo de ejecución. Los coordinadores deben sensibilizar al grupo de la responsabilidad en este sentido y disponer de las técnicas y recursos necesarios para solucionar los problemas que puedan surgir y garantizar la culminación de la obra.

Otro aspecto importante es la preparación de los profesionales relacionados con el proyecto. Para aplicar ambos: la metodología y tecnología propuestas será necesaria cierta formación y capacitación

además de una buena predisposición positiva y compromiso. Por definición puede participar cualquier profesional interesado, independientemente de la disciplina, o área de conocimiento de donde provenga que además tenga la motivación, iniciativa y compromiso que requiere este reto. Pero en ningún caso se debe considerar la obligación.

Este tipo de proyecto ofrece al coordinador la posibilidad, mientras dirige un determinado número de PFCs, de abrir o continuar líneas de investigación, aprender de y relacionarse con otras áreas de conocimiento, publicar y difundir los resultados[376], compartir y contribuir con otros grupos activos de trabajo en el área de HW/SW libre, e instituciones dedicadas al desarrollo de proyectos transdisciplinares.

Obsérvese que MPT (y A3; que se basa en MPT y, todas las metodologías en general) no influyen en el *objeto-símbolo*, no pueden, y, por lo tanto, en la creatividad del artista. No existe ninguna condición ni restricción; es una condición *sine qua non*. MPT es simplemente una metodología para conseguir un *objeto-sistema* que permita la manifestación del *objeto-símbolo* y garantice una *conservación evolutiva* del objeto en cualquiera de los procesos relacionados con la Restauración. Obsérvese que incluso el desarrollo de la estructura: *soporte*, *procesos* y *datos*, es, en sí mismo, un arte: el "arte del diseño de sistemas".

[376] Como mínimo vía web; véase por ejemplo http://www.artcube.es.

ANEXO B

TECNOLOGÍAS

Por eso me pregunto al ver que me olvidaste
por qué no me enseñaste como se vive sin tí

Frank Domínguez

La tecnología digital es la materia prima de cualquier producción de arte digital y de la nueva Restauración. Todo el corpus teórico correspondiente a esta macrodisciplina es muy amplio (agrupa muchas disciplinas todas ellas en expansión) y complejo. Sin embargo, no es posible comprender las estrategias relacionadas con la Restauración del arte digital, sin revisar, al menos, los aspectos fundamentales. El diseño *computación-comunicación-contenido*[377] fundamental en cualquier *producción* y especial cuando se parte de una restricción como la resistencia a la *obsolescencia tecnológica*; un pilar básico para una *conservación evolutiva* del bien.

Sistemas, procesos, interfaces, interconexiones, códigos son términos que aparecen en casi todas las páginas de este libro; es inevitable hablar de arte y Restauración digital sin aludirlas. Sin embargo todos estos términos pertenecen a un mundo: el de la tecnología digital, que parece tener un lugar en las antípodas del arte. Gran parte de los problemas, tanto de *producción* como *documentación*, *exhibición*, *preservación*, *conservación* y *restauración*, se deben a ello. Por lo tanto, aunque solo fuera para una comprensión adecuada del texto es imprescindible dedicar un apartado, al menos, a la tecnología digital. No es posible un acercamiento científico a la Restauración digital sin un mínimo de conocimiento de estos temas. No es fácil, sin embargo, contar en un reducido espacio, al menos la escencia de "lo digital". Solo hay que pasearse por las secciones de informática, tecnológia, electrónica, ciencias de la computación, lenguajes de

---

[377] El papel de las tecnologías en esta tríada es diferenciado. Los desarrollos HW/SW están más relacionados con la *computación*.

programación, redes, control automático, robótica, arquitectura de ordenadores, sistemas operativos, inteligencia artificial, etc. de cualquier librería para darse cuenta. De cada uno de estos temas, y de otros tantos relacionados, existe abundante bibliografía que cambia más de una vez al año, congresos a lo largo y ancho de todos los continentes, revistas especializadas, etc. Se podría decir que la tecnología digital es un campo emergente en el que cada día se desata una auténtica revolución. El desarrollo de la tecnología, animado por un mercado de consumo voraz (telefonía móvil, ordenadores, reproductores de media, cámaras de foto y vídeo digitales, etc.), da vértigo. Escribir un tratado al respecto se convierte en una tarea tan titánica como estéril. Sin embargo es imprescindible, al menos, reordenar los conceptos más importantes de manera taxonómica.

El diagrama de *las tres* C de Barreca[378] ofrece una clave: *computación*, *comunicación*, *contenido*. En la intersección de esos tres conceptos subyace toda la *estructura* del arte digital. La *computación procesa datos*, *contenidos*, que difunde a través de la *comunicación*. Es una forma tan simple como eficaz. *Computación* y *comunicación* son el soporte de los *contenidos* digitales, la base tecnológica. A través de estos dos téminos es posible conformar, al menos, un panorama claro de lo esencial en la tecnología digital. Un computador es un dispositivo que *procesa* datos digitales, que interactúa con otros (nodos) mediante algún tipo de soporte de comunicación y forma conjuntos de procesado de información o sistemas más complejos. La esencia de la *computación* es el *proceso*; es el que otorga la naturalez alográfica al arte digital y es, de hecho, un protagonista ideal para la conducción de esta reordenación que empezará desde lo más general: los sistemas y su interconexión; luego se tratará la arquitectura de esos sistemas: procesadores, procesos, comunicación entre procesos, algunos paradigmas importantes, servicios, etc.; a continuación el concepto de virtualidad (tan importante en las estrategias de Restauración) y los lenguajes como soportes del proceso; por último se introducen elementos de diseño desde un punto de vista híbrido (que trata hardware y software sin deferencias) para terminar con un metafórico no sistema operativo: LINOOS, que corresponde al planteamiento arquitectónico ideal de la *infraestructura tecnológica* de la metodología A3 en el paradigma de los sistemas complejos.

---

[378] *cfr.*, Capítulo I – Arte Digital, figura 5.

Sistemas Complejos

Los *sistemas complejos* forman un campo de la ciencia multidisciplinar, relativamente nuevo, que estudia cómo la interacción de las *partes* de un sistema dan lugar a comportamientos globales del sistema, el *todo*. Un ejemplo de sistema complejo son los sistemas sociales, formados (en parte) de personas, o el cerebro, formado por neuronas, o las moléculas, formadas por átomos, o un ordenador[379] formado por hardware/software, o una aplicación TIC (Tecnologías de la Información y Comunicaciones) formadas por ordenadores, redes, datos, etc.

Los sistemas complejos contienen un gran número de entidades autónomas y heterogéneas (las *partes* constituyen bloques de construcción básicos: componentes, agentes, procesos, etc.) que interaccionan entre si. Cada elemento interactúa con el resto, directa o indirectamente, y estas interacciones afectan a otros elementos dando lugar a patrones de comportamiento del sistema global, difíciles de deducir e inferir, en función de la estructura y comportamiento de las partes componentes. En general este enfoque es apropiado cuando la información del estado y del comportamiento del sistema es incompleta, existe incertidumbre y múltiples propósitos, se desconocen las restricciones impuestas en relación al sistema (controles, comportamiento, resultados finales), su estructuración es débil, etc.

Las capacidades más importantes de los sistemas complejos son:

Auto-organización. Autonomía del sistema para cambiar su comportamiento y estructura en respuesta a eventos y cambios en el entorno que le afecten. Se puede producir un orden no-trivial, gran-escala, con procesos e interacciones simples. La *co-evolución* está relacionada con la capacidad de *adaptación* a la nueva interacción con el entorno que supone tal cambio (la evolución impone un incremento continuo de su propia complejidad).

[379] En España se utiliza la palabra *ordenador* para designar un sistema con capacidad genérica de procesado digital mientras que en América, en general, se utiliza *computador*. Ambos son términos correctamente empleados y aceptados por la RAE (Real Academia Española), por lo que se utilizarán indistintamente.

Emergencia. Propiedad que surge de la interacción de los elementos constitutivos de un sistema complejo. Las propiedades emergentes no existen en los componentes y, debido a que surgen de las interacciones imprevisibles de los componentes, no se pueden planear o diseñar. Está relacionado con la dependencia del *todo* con las *partes*, y con la interdependencia y especialización de las partes. Se puede demostrar la naturaleza de los sistemas complejos investigando cómo afectan los cambios de una parte al resto y al comportamiento del todo. La aparición del orden gran-escala es un proceso general (y opuesto) al incremento de la entropía mientras que la formación de patrones es una parte integral de la funcionalidad de la mayoría de los sistemas complejos.

Anticipación. Habilidad del sistema complejo de predecir cambios en el entorno, hacerle frente y ajustar su comportamiento en consecuencia. La anticipación prepara al sistema ante cambios antes de que ocurran y le ayuda a adaptarse en ausencia de perturbaciones.

Robustez. Habilidad del sistema para mantener sus funciones ante perturbaciones. Esta habilidad está relacionada con la adaptación y estabilidad del sistema. Los sistemas complejos son, por definición, no-determinísticos (exhiben un comportamiento impredecible; incluso caótico bajo ciertas condiciones). La robustez posibilita la adaptación del sistema.

Sistemas tecnológicos complejos

Las aplicaciones basadas en TIC son un conjunto de servicios, redes, programas y dispositivos tecnológicos que tienen como objetivo la mejora de la calidad de vida de las personas dentro de un entorno, y que se integran a un sistema de información interconectado y complementario[380].

Estas aplicaciones coexisten en un entorno tecnológico plural, dinámico, compuesto por un gran número de partes que interactúan entre sí, impredecible y en constante evolución. Internet, por ejemplo, se consolida como entorno de convergencia de la mayoría de las aplicaciones TIC. A diferencia de, tan solo una década atrás, la mayoría de las aplicaciones

380 García, Lino. Desarrollo de Sistemas Complejos. *LINUX+*. 2009, Vol. 53, pp. 32-35. Disponible en: http://lpmagazine.org/es/, [Consulta: 22-12-2010].

ingeniería no solo producen sistemas *predecibles*, *estables*, *controlables*, *precisos*, *transparente*, *eficientes* y *confiables* que satisfacen determinadas restricciones, estándares de prestaciones pre-especificados, en situaciones pre-especificadas, sino que interactúan con otros muchos sistemas geográficamente distribuidos, autónomos, independientes, tecnológica y funcionalmente diferentes, dando lugar a sistemas complejos *escalables*, *flexibles*, *evolutivos*, *adaptables*, *elásticos*, *robustos*, *perdurables*, *seguros*, *auto-monitorizables* y *auto-reparables*; más útil, cuanto más rico en comportamientos. Este es el paradigma fundamental de los sistemas complejos: en entornos ricos en problemas, un sistema complejo, con un repertorio rico en comportamientos, tiene mayor capacidad de descubrir una variedad de soluciones potenciales.

La *desagregación*, desde el punto de vista de los sistemas complejos, es una pieza clave para un buen diseño de un sistema y permite enfocarlo cuidadosamente término de sus *partes* o *componentes* e *interacciones* entre sí (incluso a diferentes niveles, con diferentes equipos de trabajo en cada nivel. El nivel de diseño se define en términos de nivel de detalle). Aunque clásicamente este es un proceso *arriba-abajo* (*top-down*), que se mueve *lógicamente* desde la funcionalidad deseada hacia un diseño que implemente tal funcionalidad, en el contexto de los sistemas complejos se aplican más procesos del tipo *abajo-arriba* (*down-top*) que buscan cómo implementar la funcionalidad deseada con la base de diseños disponibles o, más apropiado aún, aprovechando la propiedad de auto-organización de los sistemas complejos de adaptarse a nuevos comportamientos de forma autónoma.

Componentes

El componente de un sistema TIC por excelencia es el ordenador o computadora; es autónomo, tiene un número ilimitado de funciones, es heterogéneo, y tiene la capacidad de aportar, como *parte*, las funcionalidades de un sistema complejo: auto-organización, emergencia, anticipación y robustez. De hecho un ordenador es en sí mismo un sistema complejo, formado por partes que son, a su vez, sistemas complejos (los microprocesadores, por ejemplo, con sus millones de componentes electrónicos son sistemas extremadamente complicados pero, gracias a que ha sido cuidadosamente diseñado y probado, es posible, simplemente,

asumir que funciona), lo que permite crear sistemas de gran-escala y alto-orden.

Es posible desagregar la complejidad de un ordenador, en un primer nivel, en dos componentes funcionales: *hardware* (la parte “dura”, material) y *software* (la parte “blanda”, inmaterial). El *hardware* constituye el substrato físico que soporta al *software*; abarca todas las piezas físicas, materiales, de un ordenador (placa base, *chips*, cables, etc.) mientras que el *software*, componente inmaterial, no es más que un conjunto de programas y datos almacenados en un ordenador (los programas dan instrucciones para realizar tareas al *hardware* o sirven de conexión con otros *softwares* mientras que los datos solamente existen para su uso eventual por los programas). Estas definiciones podrían llevar a relacionar ambos términos (teniendo en cuenta que provienen de *duro* y *suave*) con mayor/menor *flexibilidad* o *rigidez*. Sin embargo, aunque efectivamente existe cierta relación, es un poco engañosa.

El *hardware* es más rígido, o poco flexible, con menor capacidad de auto-organización que el *software*. Se diseña para satisfacer determinadas funciones y requerimientos. Una alteración, para adecuarse a nuevas situaciones, podría requerir de un cambio de componentes electrónicos y/o interconexiones entre ellos, placas, etc. o una reprogramación (existen componentes electrónicos que permiten incluso *re-programar* sus funciones). Todo depende de la generalidad o universalidad de su diseño. El ordenador, por ejemplo, posee el *hardware* (mínimo) que le permite adaptarse, mediante *software*, a un elevadísimo número de posibilidades. La CPU (Control Process Unit) es un sofisticado sistema complejo *hardware* con capacidad de auto-organización vía *software* mientras que el ratón (*mouse*) es un sistema *hardware* a medida que solo es capaz de realizar determinadas funciones básicas. El *software* es más flexible, o poco rígido, pero, su alcance, está determinado y condicionado por el soporte *hardware*. El mecanismo por excelencia para solucionar las limitaciones del *hardware* es la *expansión*. Los ordenadores tienen ranuras (*slots*) de expansión para añadir funcionalidad *hardware*, o *puertos* de interconexión universal para la inclusión de periféricos, y, los programas, mecanismos enchufables (*plugins*) para comunicarse entre sí (proporcionado normalmente por un nivel de soporte adicional: el *sistema operativo*).

Así que, en el desarrollo de *sistemas complejos*, una decisión muy importante a tomar es qué implementar por *hardware* y qué por *software*[381]. O, visto de otra manera, qué conceptos pueden ayudar a tomar la "mejor" decisión. Empezando por esto último, algunos de los criterios más relevantes a considerar son:

Velocidad. El límite de proceso de una CPU está determinado por su reloj. Si se requiere mayor velocidad es necesario recurrir a *hardware* con determinado grado de especialización (DSP, Digital Signal Processor; FPGA, Field Programmable Gate Array; ASIC, Application-Specific Integrate Circuit).

Volumen. El *hardware* ocupa un lugar en el espacio a diferencia del *software*; que utiliza el propio *hardware* como estrato o soporte. Los convertidores analógico-digital sigma-delta, por ejemplo, utilizan técnicas de sobremuestreo para simplificar el *hardware* al mínimo (filtro analógico malo de muy bajo orden), mientras que trasladan la mayor complejidad al *software* (filtro digital preciso de muy alto orden).

Independencia. Los dispositivos interactúan, ya sea directamente vía *hardware* o a través de señales de mayor nivel de abstracción, los *datos*. La independencia está relacionada con la capacidad de autonomía de un sistema: tanto respecto al *hardware* en sí como al *software*. El uso de estándares y la distribución funcional ayudan a conseguir mayor independencia. Es mucho más versátil un sistema independiente de sistemas operativos, versiones y tecnologías.

Coste. El desarrollo *hardware* es, en general, más caro; requiere de instrumentación, coste adicional de montaje, es menos mantenible (dada su naturaleza *dura*; aunque es necesario hacer una distinción entre *hardware* estático y reconfigurable. El *hardware* estático corresponde al conjunto de elementos materiales de los sistemas electrónicos mientras que el reconfigurable se describe mediante un lenguaje de descripción (HDL, Hardware Description Language) que permite especificar con todo detalle su estructura y funcionalidad), etc. Probablemente un buen criterio de trabajo

---

[381] A muy bajo nivel ambos son muy similares lo que ha dado lugar a técnicas de *co-diseño* para desarrollos *hardware*/*software* integrados analizadas posteriormente en el apartado *Computación Híbrida*.

pasa por minimizar el desarrollo de *hardware* al mínimo y garantizar un desarrollo y adaptación vía *software*.

Prestaciones. El ordenador tiene un mínimo de prestaciones por defecto y algún mecanismo de expansión para su ampliación (SCSI, Small Computers System Interfaz; PCI, Peripheral Component Interconnect; S-ATA, Serial Advanced Technology Attachment; E-IDE, Enhanced Integrated Drive Electronics; USB, Universal Serial Bus; FireWire, i.Link ó IEEE 1394). Cuando se requiere de alguna funcionalidad no integrada es necesario acoplarla mediante alguno de estos mecanismos estándar.

Algunos criterios como velocidad, prestaciones y volumen, los impondrá la propia aplicación mientras que el resto, independencia y coste, son más objetivo de diseño (el coste, por ejemplo, suele ser un punto de partida habitual); aunque todos estos criterios están directa o indirectamente relacionados.

Interacciones

No menos importante, a medias entre *hardware* y *software*, son las *comunicaciones*. Los sistemas, en general, pueden ser *hardware*, *software* o *mixtos* y esto supone diferentes mecanismos de comunicación entre ellos ya sea dentro del propio ordenador (intra) como entre ellos (inter). La comunicación y sincronización entre *procesos* (IPC, Interprocess Communication) se realiza mediante un buen número de plataformas estándares (tuberías [*pipes*] anónimas y con nombre; CORBA, Common Object Request Broker Architecture; DCE, Distributed Computing Environment; MBUS, Message Bus [especificado en RFC 3259]; RPC, Remote Procedure Calls; RMI, Remote Method Invocation; Sockets; XML, Extensible Markup Language; XML-RPC; SOAP, Simple Object Access Protocol), que siguen el modelo OSI (Open System Interconnection) de la ISO (International Standard Organization), a mayor o menor nivel, o propietarios. Un componente, en cuanto interactúa con otros componentes, se le denomina *nodo*.

En los sistemas autónomos (*hardware* o mixtos) la *conexión* termina en algún estándar de comunicación de nivel físico (USB, RS-232, RS-485, Ethernet, etc.) que transforma los *datos* (información) en *señales*, y garantiza el intercambio de información; mientras que los sistemas *software*

utilizan mecanismos de comunicación normalmente soportados por el sistema operativo o APIs (Application Programming Interface); que son un conjunto de funciones y procedimientos (o métodos si se refiere a programación orientada a objetos) que ofrece cierta biblioteca (*library*) para ser utilizado por otro *software* como una capa de abstracción.

En cualquier caso, es deseable que la comunicación física entre los procesos sea independiente de la topología de interconexión (punto a punto, árbol, anillo, bus, malla, etc.) y que, tal interacción, se produzca a nivel de aplicación. Para ello pueden intervenir una enorme cantidad de subsistemas de comunicación que aumentan la *complejidad* del sistema global a nivel de comportamiento.

La conexión por excelencia en sistemas o dispositivos TIC ha sido durante muchos años el RS-232C[382] (Electronic Industries Alliance). Aunque es una norma de interfaz diseñada, inicialmente, para el intercambio serie de datos binarios entre un DTE (Data Terminal Equipment) y un DCE (Data Communication Equipment), permite la conexión DTE-DTE. Prácticamente cualquier dispositivo con alguna pretensión de independencia incorpora RS-232C de serie. Sin embargo, fundamentalmente dada la limitación de su velocidad (no más de 20 Kb/s), con el tiempo ha sido sustituido por el USB[383]. Cualquier ordenador incorpora varios puertos USB y ninguno RS-232C. Sin embargo, cualquier puerto de comunicación serie asíncrono no implementa la capa física[384] del modelo OSI lo que facilita la integración del *hardware*, a muy bajo nivel, con protocolos de comunicación estándar (se trata solo de un cambio en la capa de más bajo nivel encargada de la señalización). Se puede conseguir el mayor grado de independencia desagregando funcionalmente al sistema en múltiples componentes y

---

[382] RS232-C. Véase http://es.wikipedia.org/wiki/RS-232, [Consulta: 10-10-2010].

[383] La versión 1.0 alcanza una tasa de transferencia de 1'5 Mbps (192 KB/s), y se utiliza, en mayor medida, en dispositivos de interfaz humana, como los teclados, los ratones y los joysticks. La v1.1, consigue los 12 Mbps (1'5 MB/s); estos dispositivos dividen el ancho de banda de la conexión USB entre ellos, basados en un algoritmo de búferes FIFO (First In First Out; el primero en entrar es el primero en salir). La v2.0, llega hasta los 480 Mbps (60 MB/s) y la v3.0, aún en fase experimental, aspira a los 4.8 Gbps (600 MB/s).

[384] Utiliza señalización TTL (Transistor-Transistor Logic) o CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor).

normalizando los protocolos de comunicación e interacción, al más alto nivel de abstracción: el nivel de aplicación del modelo OSI.

El mundo es complejo. El esfuerzo por crear sistemas análogos a los *naturales* pasa por la comprensión de su complejidad y por la desagregación del sistema complejo, el *todo*, en múltiples *partes*. Este enfoque converge hacia la paralelización, el multiproceso, y al aumento de la complejidad global, en general, a cambio de ofrecer la posibilidad de uso de técnicas tradicionales de diseño y desarrollo para los componentes. La consecuencia es un aumento de la fiabilidad, facilidad de mantenimiento y desarrollo, modularidad, escalabilidad, etc.

El abaratamiento de tecnologías de muy bajo nivel (microcontroladores), en paralelo al aumento de su potencia de cómputo e interacción, facilita la creación de sistemas complejos cada vez más autónomos, descentralizados e independientes. Arduino y Ardabasto[385] es un ejemplo de ello: abstrae la complejidad del hardware con un lenguaje de medio/alto nivel, y posee comunicación USB e I^2C (Inter-Integrated Circuit) de serie; fácilmente expandible, vía comunicación serie asíncrona a cualquier otro estándar de comunicación (inalámbrico, por ejemplo, como WiFi [norma IEEE 802.11], ZigBee [norma IEEE 802.15.4] o Bluetooth [especificación industrial para Redes Inalámbricas de Área Personal, WPANs, para transmisión de voz y datos]). La clave está en dotarlo de una interfaz o lenguaje estándar que permita la interacción (basado en XML, por ejemplo).

Los sistemas, cuanto más independientes, son más susceptibles de adaptarse a los cambios, incluso, de la propia tecnología como entorno, de evolucionar coherentemente, de reutilizar, de entender y mantener; en definitiva, de sobrevivir. Los sistemas complejos, aunque relativamente inexplorados, son una paso conceptual más allá del modelo cartesiano "divide y vencerás" que aporta el *cómo* para *entender* sistemas (*análisis*) y

---

[385] García, Lino. Ardabasto: Plataforma de Procesado Distribuido Open-Hardware. *LINUX+*. 2009, No. 46, pp. 82-85. Disponible en: http://lpmagazine.org/es/, [Consulta: 22-12-2010]. Arduino fue creado precisamente para facilitar el desarrollo de obras digitales interactivas. Este proyecto de *hardware* libre ha sido del todo un acierto reconocido no sólo por una amplia comunidad de usuarios, instituciones y artistas en todo el mundo; en 2006 recibió una mención honorífica en la sección *Digital Communities* del *Ars Electronica Prix*.

de "en la unión está la fuerza" para *generar* sistemas (*síntesis*) en sintonía con el mundo que nos rodea, incierto, no lineal y caótico, por naturaleza. De eso se trata, de un ir y venir en espiral que converge en lo desconocido.

Interconexión de Sistemas Abiertos

El modelo de referencia de *interconexión de sistemas abiertos* (OSI, Open System Interconnection[386]) fue desarrollado por la ISO (Organización Internacional de Normalización), en 1977, para describir las arquitecturas de redes y compatibilizar la comunicación entre los fabricantes de ordenadores[387]. Más de tres décadas después, el modelo ha demostrado sobradamente su eficacia (Internet es el mejor ejemplo de ello); probablemente, ha sido uno de los proyectos de las tecnologías de la información y comunicaciones mejor pensado porque constituye una herramienta desagregación funcional excepcional y universal. El objetivo de este modelo fue la búsqueda de la integración/desagregación natural de los componentes de un sistema según su funcionalidad para conseguir:

Interoperabilidad. Posibilidad de trabajo interactivo entre nodos (no solo la transmisión de la información sino la comprensión y proceso de la misma).

Independencia. Implementación del modelo sobre cualquier arquitectura.

Extremos abiertos. Capacidad de comunicación entre nodos que *corren* distinto software.

Interconectividad. Define las reglas que posibilitan la interconexión física y la transmisión de datos entre nodos diferentes (HW/SW).

---

[386] Modelo de referencia OSI: Interconexión de Sistemas Abiertos. Disponible en: http://web.frm.utn.edu.ar/comunicaciones/modelo_osi.html, [Consulta: 10-10-2010].

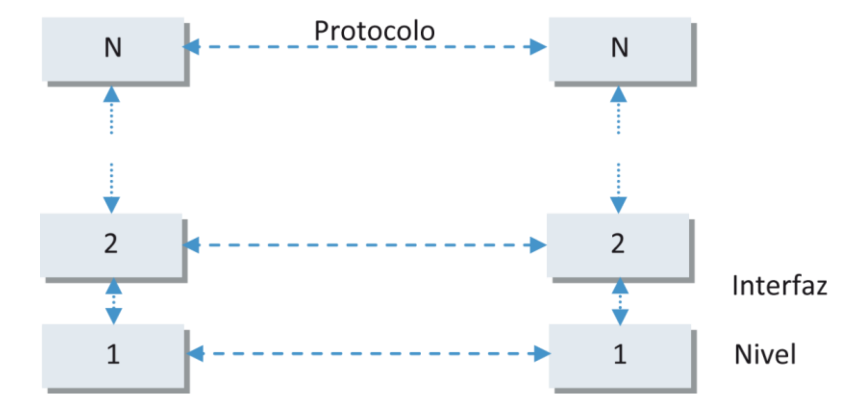
[387] García, Lino. Interconexión de Sistemas Abiertos. *LINUX*+. 2009, Vol. 55, pp. 38-40. Disponible en: http://lpmagazine.org/es/, [Consulta: 22-12-2010].

La formalización de un modelo de interconexión corresponde a un amplio catálogo de normalización. Tales normas se pueden dividir en dos categorías: las normas *de facto* (de hecho) y las normas *de jure* (por ley). Las primeras se establecen sin ningún planteamiento formal; simplemente se imponen por su práctica (tal es el caso de las normas IBM PC y sucesoras). Las últimas son formalizadas y adoptadas por un organismo internacional (las autoridades internacionales se establecen entre organizaciones voluntariamente o por convenio entre gobiernos).

Capas, protocolos e interfaces

La organización de una red de elementos informáticos en niveles funcionalmente independientes, construidos sobre la base de sus predecesores y ordenados jerárquicamente, garantiza la reducción de la complejidad, el aumento de la modularidad de los diseños, interfaces entre módulos bien especificadas y documentadas, posibilita la estandarización, etc. El diseño de una red, por compleja que sea, se reduce a la desagregación en pequeños módulos, montados unos sobre otros. La filosofía de este modelo es dividir un problema grande en muchos problemas pequeños normalizando funciones e interacciones. Cada *capa* o *nivel* utiliza la funcionalidad proporcionada por las capas inferiores y crea, a su vez, un nuevo nivel de funcionalidad para las capas superiores (cada eslabón o nivel da solución a un nuevo problema teniendo en cuenta lo que ha solucionado el eslabón anterior). La funcionalidad de cada capa, el número de capas, la comunicación entre capas y el nombre de cada capa varía de una red a otra. Sin embargo, en general para todas las redes, el propósito de cada capa es ofrecer ciertos *servicios* a su nivel superior.

La *conversación* o *diálogo* entre las estaciones/puntos terminales se realiza por capas (la capa *N* de un sistema interactúa con la capa *N* de los otros) y es controlada por un conjunto de reglas y convenciones de manera tal que no exista ambigüedad o incoherencia en el diálogo. Al conjunto de reglas y procedimientos que rige el diálogo entre dos niveles de igual orden en las estaciones que interactúan se le denomina *protocolo* y el *número de orden* de tal protocolo está en correspondencia directa con el nivel para el cual se establece (procedimientos iguales pertenecientes a un mismo nivel de orden *N* en máquinas diferentes, dialogan o se comunican a través de un protocolo de nivel *N*).



88. Capas, protocolos e interfaces.

Dentro de la estructura jerárquica de la red los protocolos definen las reglas para la comunicación armónica entre *procesos* situados en niveles jerárquicos equivalentes. La comunicación establecida entre niveles equivalentes no es *física* sino *virtual*. Cada capa pasa la información de datos o control que desea enviar a su nivel equivalente solo a través de su nivel inmediato inferior que la propaga por cada nivel hasta llegar al más bajo que es, en realidad, quien verdaderamente realiza el enlace o conexión física. Igualmente, los niveles inferiores pasan información de control o respuesta solo a su nivel inmediato superior hasta que llegue al nivel al cual va dirigida. Las reglas de comunicación entre procesos situados entre niveles jerárquicos diferentes se denominan *interfaces*. Estos son los *servicios* que las capas inferiores ofertan a su capa inmediata superior. En la comunicación parece como si una parte del nivel o capa se comunicara directamente con su contraparte a través del protocolo correspondiente; pero, en realidad, los datos pasan a la capa inferior a través de la *interfaz*. Cada capa obtiene los *servicios* de la capa inferior a través de la *interfaz* correspondiente. La *comunicación* entre los elementos de una capa o nivel en la estructura a través de una *interfaz* común se denomina *comunicación jerárquica*.

Existen muchas formas de estructurar las capas y definir sus funciones. Uno de los aspectos más importantes para los diseñadores de redes es precisamente decidir la cantidad de niveles y sus funciones; así como las especificaciones acerca de las operaciones a realizar por cada interfaz entre un nivel y otro, de forma tal que minimice el volumen de información a transitar entre niveles a través de su correspondiente *interfaz*. Al conjunto

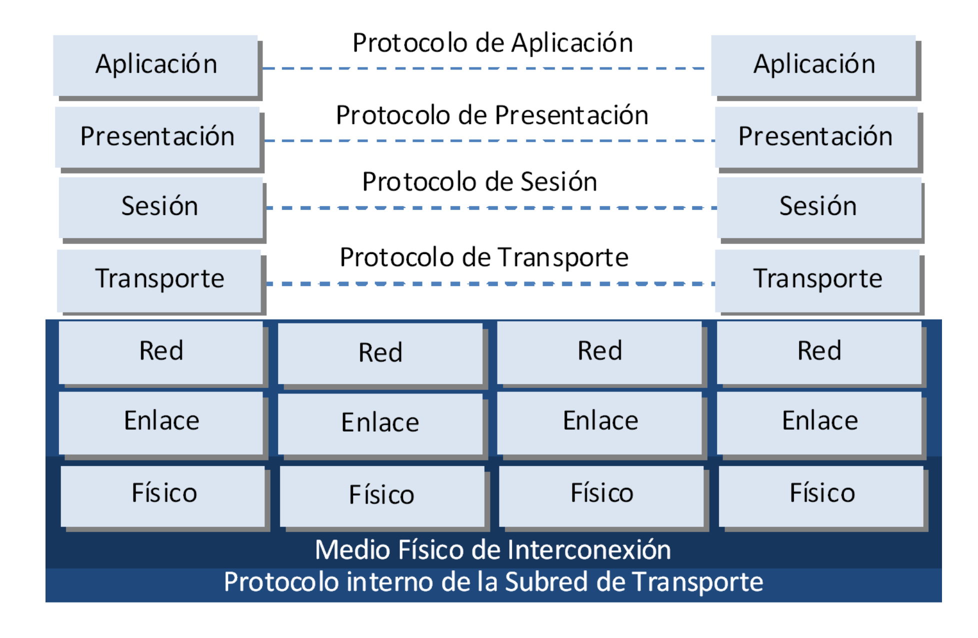
de niveles con sus respectivos protocolos se le denomina *arquitectura de red*. Las especificaciones de la arquitectura deben contener información suficiente para la implementación de los protocolos de cada nivel. Los detalles de la implementación y las especificaciones de las interfaces no forman parte de la arquitectura (en todas las estaciones de la red las interfaces entre niveles no tienen por qué ser iguales; la correspondencia es necesaria solo respecto a los protocolos que rigen los diferentes niveles). La red, por lo tanto, según este modelo arquitectónico, está formada por nodos de distinta naturaleza de procesado que interactúan entre sí, de manera física y virtual, a través de determinados *protocolos* e *interfaces*.

OSI

El modelo de interconexión de sistemas abiertos OSI es un modelo de referencia para las comunicaciones entre sistemas abiertos propuesto por la organización internacional de normalización ISO. Este modelo, ISO 7498[388], define un conjunto de normas y protocolos que permiten la interconexión de diversos sistemas TIC. El modelo OSI define una jerarquía de siete capas de protocolos, cada uno de los cuales utiliza a los de nivel inferior para ofrecer un determinado *servicio*, al mismo tiempo que complementa los *servicios* proporcionados por los protocolos de nivel superior. Los trabajos sobre la interconexión de sistemas abiertos comenzaron cuando los usuarios comprendieron que no se podrían llevar a la práctica todas las posibilidades potenciales de las redes de datos y de los sistemas públicos de conmutación de paquetes si cada dispositivo interconectado a la red exigiese el conjunto de protocolos que determinase su fabricante. Tradicionalmente los sistemas informáticos siempre fueron cerrados, es decir, los dispositivos se ajustaban únicamente a las normas de interconexión establecidas por el fabricante o diseñador del sistema. Los protocolos que utilizaban los terminales estaban determinados por las características del ordenador o controlador de comunicaciones. Un terminal de otro fabricante, e incluso del mismo fabricante pero de otra familia de productos, difícilmente podía conectarse al sistema sin antes ser modificado convenientemente para *emular* el modelo especificado.

---

[388] ISO 7498-2:1989, http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=14256, [Consulta: 10-10-2010].



89. Modelo OSI de la ISO.

Esta situación resultó aceptable mientras el número de dispositivos a integrar en un sistema era reducido y bajo el estricto control de un solo ordenador. Sin embargo el avance de las técnicas informáticas, en las técnicas de interconexión a red y la proliferación de ordenadores y equipos relacionados con ordenadores fue de tal magnitud que hizo inaceptable el concepto de red cerrada[389]. El modelo de referencia de la ISO supone el primer intento serio hacia la consecuencia de ese objetivo. A continuación se detallan sus capas y funciones.

Físico. Proporciona el soporte de transmisión o medio material para que establecer y mantener el flujo de información entre varios terminales remotos y la señalización necesaria para la gestión de errores. Este nivel define y caracteriza las propiedades mecánicas, eléctricas y funcionales de los dispositivos involucrados en el enlace físico.

---

[389] Tanto usuarios como fabricantes, coincidieron en el beneficio que reporta establecer una serie de normas o estándares para la interconexión de sistemas abiertos que permita la integración de funciones operacionales de los equipos a todos los niveles.

Enlace. Garantiza un servicio de transferencia de datos libre de error (en términos de mínima probabilidad). Esta capa es la responsable de establecer y liberar conexiones de enlace, dividir la información en tramas, delimitar y sincronizar, secuenciar, controlar el flujo de datos, detectar y recuperar errores, controlar el acceso al medio, etc.

Red. Provee un servicio de conectividad universal independiente de la tecnología (oculta a las capas superiores las diferencias tecnológicas de las subredes) a la vez que ofrece una *calidad de servicio*. Sus funciones más importantes son el encaminamiento de la información (y almacenamiento y reenvío), la multiplexación, etc.

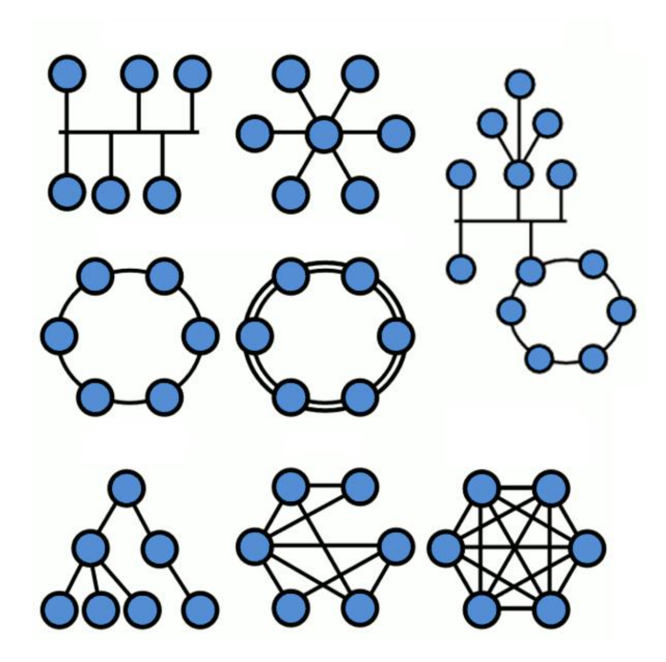
Transporte. Proporciona un servicio de transferencia de datos fiable y efectivo en coste a la vez que mantiene la *calidad de servicio*. Básicamente, realiza tres servicios: establecimiento de conexión, difusión de la información a múltiples destinatarios y posibles transacciones. Para ello debe establecer la correspondencia entre las direcciones de transporte y de red; multiplexar y dividir; establecer y liberar conexiones de transporte; segmentar, agrupar y concatenar; etc. Esta capa independiza las aplicaciones de comunicaciones y media entre los requisitos de calidad de servicio que imponen las aplicaciones y la calidad de servicio ofrecida por las redes.

Sesión. Ofrece mecanismos para que la aplicación pueda gestionar su diálogo, sincronizar y re-sincronizar el flujo de datos. Para ello establece y libera conexiones de sesión; establece correspondencia entre direcciones de sesión y transporte; segmenta y concatena; gestiona testigos; sincroniza y re-sincroniza; etc. Es la auténtica interfaz del usuario hacia la red (con procedimientos de identificación de usuario mediante el uso de contraseña).

Presentación. Independiza a la aplicación de los problemas relativos a la presentación de los datos (sintaxis de transferencia). Esta capa negocia y transforma sintaxis de transferencia, traduce alfabetos, etc. Define una sintaxis común para la representación de los símbolos (cada terminal o nodo deberá establecer una correspondencia entre tal sintaxis y la correspondiente a su arquitectura interna).

Aplicación. Proporciona los medios para que un proceso de aplicación acceda al entorno OSI. Es el único nivel que conoce la semántica asociada a la transferencia de información.

La segmentación funcional de las capas permite el intercambio de ellas sin perjudicar al sistema. Por ejemplo, el RS232 es un protocolo de nivel físico punto a punto, mientras que el RS485[390] es de tipo bus. La capa física define la topología de la red: árbol, bus, anillo, estrella, malla, etc. y la capa de enlace el protocolo de acceso.



90. Grafos o topologías de interconexión. **Arriba**. Bus, estrella, mixta. **Centro**. Anillo, doble anillo. **Abajo**. Árbol, malla, totalmente conexa. Un *grafo* es una representación abstracta de un sistema cualquiera en el que los elementos del sistema o nodos se relacionan entre sí mediante conexiones que indican la presencia de una interacción; estas conexiones pueden ser físicas o lógicas.

---

390 RS485, http://es.wikipedia.org/wiki/RS-485, [Consulta: 10-10-2010].

Sin embargo es posible sustituir un enlace RS232 punto a punto por un enlace inalámbrico multipunto IEEE 802.11g[391] (Wi-Fi) sin que cambie la funcionalidad de los niveles por encima de la subred de transporte. Esta flexibilidad garantiza la actualización/renovación del *hardware* de *comunicación* y el desarrollo de las aplicaciones independientemente de la tecnología.

El modelo OSI ataca el problema de la compatibilidad entre terminales o nodos (procesador, velocidad, almacenamiento, interfaz de comunicación, código de caracteres, sistema operativo, etc.) mediante la formalización de diferentes niveles o capas de interacción. Esta desagregación provee dos beneficios muy importantes: posibilita una mayor comprensión del problema a la vez que permite optimizar la solución de cada problema específico. En esta arquitectura la información que genera/entrega un *proceso* a la capa de aplicación *baja* hacia la subred de transporte y *sube* hacia la aplicación destino para su entrega al *proceso* correspondiente. Cada capa añade información redundante (adicional), para garantizar su servicio, en el proceso de *descenso*, mientras que la elimina, en el proceso de *ascenso*. Cada capa realiza tareas únicas y específicas; solo tiene conocimiento de los niveles adyacentes, utiliza los servicios de la capa inferior y presta servicios a la capa superior.

Este modelo (con las definiciones de servicios y protocolos asociados) es muy complejo y extenso y, por supuesto, no es perfecto. Muchas son las críticas que ha recibido durante todos estos años. Sin embargo aporta un método para enfocar la complejidad de un sistema (facilita la comprensión al dividir un problema complejo en *partes* más simples que tienen en cuenta la interconexión entre sí), normaliza los componentes de red y permite el desarrollo por *partes* de diferentes fabricantes (los cambios de una capa no afectan las demás capas y éstas pueden evolucionar más rápido), garantiza la comunicación entre procesos libre de error, evita los problemas de incompatibilidad (e indirectamente la obsolescencia), simplifica el aprendizaje, y así, un largo etcétera, que amenaza con prorrogar su hasta el infinito su caducidad.

---

[391] IEEE 802.11, http://www.ieee802.org/11/, [Consulta: 10-10-2010].

Arquitecturas

Cualquier ordenador o computador digital tiene, al menos, un *procesador* y alguna capacidad de ampliar sus recursos periféricos mediante *interfaces*. Al conjunto *procesador-interfaz*, como un todo, se le suele llamar *sistema*, *plataforma*, *arquitectura*. El ordenador o computadora es un ejemplo de sistema pensado para uso general. El sistema tecnológico digital más simple es una entidad, componente o nodo con una parte "dura" (hardware), fija, material, y otra "blanda" (software), volátil, inmaterial que permite realizar operaciones "genéricas" (que, sin ellas, serían solo "específicas") más un conjunto de periféricos que, en general, son sistemas específicos y permiten reaccionar al mundo real: capturar información del entorno y generar acciones. En cada entidad corren *procesos* "blandos" (programas, códigos) sobre una arquitectura o *soporte* "duro".

Aunque con el tiempo los límites son cada vez más borrosos se puede hablar, según capacidad de *proceso* y coste, de los siguientes grandes sistemas centralizados:

Supercomputer. Equipo que lideró al mundo (o estuvo a punto de hacerlo) en términos de capacidad de procesamiento (en particular la velocidad de cálculo) desde el momento de su introducción. Se utilizan para tareas de cálculo altamente intensivas como la resolución de problemas de física cuántica, predicción meteorológica, modelado molecular, simulaciones físicas, criptografía, etc. Coste del orden de 1000000 €.

Mainframes. Computadoras utilizadas principalmente por grandes organizaciones para aplicaciones críticas como el procesado de enormes cantidades de datos (transacciones comerciales, censos, encuestas, etc.). Coste del orden de 100000 €.

Minicomputer (coloquialmente, **mini**). Término ya obsoleto para una clase de computadoras muti-usuarios en el espectro medio de capacidad de *proceso* entre los sistemas multiusuarios más grandes (mainframe) y los sistemas mono-usuarios más pequeños (microcomputadoras u ordenadores personales). Al igual que las *supercomputers* o *mainframe*s las *minicomputers* fueron utilizadas solo por compañías y organizaciones grandes. Coste del orden de 10000€.

Ordenador de sobremesa (también conocidos como **microcomputer**, **microcomputadora**, **computadora** o, simplemente, **PC**). Diseñados para usar sobre el escritorio en la oficina o en casa. Según su función se puede clasificar en cuatro tipos: casero, personal, estación de trabajo, servidores de internet, y especializadas en comunicaciones. Coste del orden de 1000€.

Cart computer. Pensados para aumentar la movilidad, tienen la misma potencia que los de sobremesa con unas dimensiones reducidas. Por ejemplo: tablet PC o laptop. Se puede alimentar con baterías recargables y guardar donde quiera (maletín, funda, etc.). Coste del orden de 1000€.

Portable computer. Ordenador diseñado para moverlo de un lugar a otro. Por naturaleza son microcomputadoras. Este término se utiliza casi exclusivamente para hacer referencia a computadoras mayores que un portátil normalmente sin alimentación por baterías. Las computadoras portables más pequeñas se conocen como **ordenadores móviles** y se hace referencia a ellas según un término específico:

Laptop (o **Notebook**). Monitor de pantalla plana y teclado que requiere trabajar sentado y con ambas manos.

Tablet PC. Esencialmente es un *laptop* sin teclado que opera al estilo de una pantalla sensible al tacto.

Sub-notebook. Algo entre un *laptop* y una PDA.

Pocket computer. Combina las características de una calculadora alfanumérica, un pequeño ordenador casero (normalmente programado en BASIC) y una PDA.

PDA (personal digital assistant). Normalmente se sostiene con una mano y se opera con la otra. Coste del orden de 1000€.

Mobile Computing. Término genérico que describe su capacidad para utilizar la tecnología de los robots, que no está físicamente conectado, o en entornos remotos o móviles (no estático). El término ha evolucionado en el uso moderno de tal forma que exige que la actividad de computación móvil se conecte sin cables a través de Internet o a través de una red privada. Esta conexión enlaza el dispositivo móvil al centro de información y/o software

de aplicación mediante el uso de pilas, portátiles, móviles y dispositivos de comunicación y computación. Esto incluye dispositivos como los portátiles con red inalámbrica (LAN) o la tecnología inalámbrica WAN, teléfonos móviles, ordenadores portátiles y PDAs con interfaces Bluetooth o IRDA. Por ejemplo: Ordenador portátil, Asistente personal digital (PDA), Terminales portátiles de datos (PDT), Terminales de datos móviles (ETM), *Tablet* ordenador personal, Teléfonos inteligentes, etc. Coste del orden de 100€.

Embedded system. Sistema integrado[392] dedicado solo a determinadas funciones (por ejemplo: Ardabasto). Se caracterizan por su modularidad, gestión autosuficiente, dimensiones reducidas, bajo consumo de potencia y una gran interconectividad. Coste del orden de 10€.

Como se puede observar en este breve repaso arquitectónico-tecnológico el objetivo de todas estas tecnologías es proporcionar determinada capacidad de *proceso* y esta proporción está directamente relacionada directamente con el precio. Las cifras que se manejan no son precisas y, dependen de muchas variables (como el valor de la moneda y el desarrollo tecnológico) pero sí permite tener una idea del *tramo* de coste correspondiente. Por ejemplo en el tramo de las centenas: 10€, los costes se mueven desde valores cercanos a la unidad hasta valores cercanos a 99€. Hay que tener en cuenta que en ocasiones el coste del procesador representa aproximadamente el 10% del coste total de la plataforma. La tabla 78[393] ofrece una comparativa entre las diversas arquitecturas en base a su capacidad y coste. En este ámbito MIPS = (no. Instrucciones/ tiempo de respuesta) 10^{-6}.

Procesadores

El procesador es el elemento *programable* de un sistema. Muy a menudo se le denomina, erróneamente, CPU. Una CPU puede estar soportada por uno o varios microprocesadores, y un microprocesador puede soportar una o

---

[392] En mucha de la bibliografía *embedded* se traduce como empotrado o embebido. Son sistemas pequeños que prefiero traducir como *integrado* en alusión al alto nivel de integración hardware que poseen desde el propio núcleo de estos sistemas.

[393] *cfr.*, Anexo A – Metodologías.

varias CPU. La porción del procesador que realiza todas las actividades de una CPU real es el *núcleo*. En general, los *procesadores* se pueden clasificar según su capacidad de realizar operaciones en el tiempo (en algunos procesadores como los *procesadores digitales de señal* se da en *flops*; por ejemplo 1 Mflops equivale a 1 Millón de Operaciones de Punto Flotante Por Segundo), la frecuencia del reloj (relacionada con lo anterior), el ancho de palabra de datos (16, 32, 64 bits, etc.) e instrucciones (los procesadores CISC, Complex Instruction Set Computer, manejan microinstrucciones de diferente tamaño, lo que los vuelve menos eficientes que los procesadores RISC, Reduced Instruction Set Computer), etc.

Las tres grandes familias de procesadores más importantes son: *microcontrolador* (e.j., Microchip, Atmel, etc.), *procesador de propósito general* (e.j., Intel, AMD, etc.) y *procesador de señal digital* o DSP (e.j., Analog Devices, Texas Instruments, etc.) cada una orientada y dedicada a diferentes sectores del mercado.

Microcontrolador. Circuito integrado o chip que incluye en su interior las tres unidades funcionales de cualquier computadora: CPU, Memoria y Unidades de E/S; se trata de un ordenador completo en un solo circuito integrado. Aunque sus prestaciones son limitadas, además de dicha integración, su característica principal es su alto nivel de especialización. Los hay del tamaño de un sello de correos, incluso más pequeños, ya que, lógicamente, forman parte del dispositivo que controlan. El microcontrolador es un microprocesador optimizado para controlar equipos electrónicos (probablemente entre los electrodomésticos de un hogar hayan distribuido una o dos docenas de microcontroladores y pueden encontrarse en casi cualquier dispositivo eléctrico como automóviles, lavadoras, hornos microondas, teléfonos, etc.). Los microcontroladores representan la inmensa mayoría de los chips de computadoras vendidos, sobre un 50% son controladores *simples* y el restante corresponde a DSPs más especializados. Un microcontrolador es más fácil de convertir en una computadora, con un mínimo de chips externos de apoyo, a diferencia de un procesador *normal* (de propósito general). La idea es que el circuito integrado *microcontrolador* se coloque en un dispositivo, enganchado a la fuente de energía y de la información que necesite, y eso sea todo. Un *microprocesador* tradicional no permite hacer esto, sino que espera que todas estas tareas sean manejadas por otros integrados.

Un *microcontrolador* típico tiene integrado un generador de reloj y una pequeña cantidad de memoria RAM y ROM/EPROM/EEPROM; para hacerlo funcionar, todo lo que se necesita son unos pocos programas de control y un cristal de sincronización. Los *microcontroladores* disponen generalmente también de una gran variedad de dispositivos de entrada/salida, como convertidores analógico/digital, temporizadores, UARTs (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter) y buses de interfaz serie especializados, como I2C (Inter-Integrated Circuit) y CAN (Controller Area Network). Frecuentemente, estos dispositivos integrados pueden ser controlados por instrucciones de proceso especializadas. En general, se suele utilizar a partir de los *portable computer*, *mobile computing* and *embedded systems*.

Microprocesador. Un *microprocesador* es un circuito integrado, construido en un trozo diminuto de silicio, que contiene miles, o incluso millones, de transistores interconectados de manera tal que realicen una amplia variedad de funciones generales con la particularidad que estas funciones o instrucciones no son fijas y pueden ser *programadas* por software.

Procesador de señal digital. Como su nombre indica estos procesadores son muy buenos en realizar operaciones aritméticas en punto fijo o flotante relacionadas con el procesado de señal. Los DSP utilizan arquitecturas especiales para acelerar los cálculos matemáticos intensos implicados en la mayoría de sistemas de procesado de señal en tiempo real. Por ejemplo, las arquitecturas de los DSP incluyen circuitería para ejecutar de forma rápida operaciones de multiplicar y acumular, conocidas como MAC (multiplican y suman en una sola instrucción); lo cual es muy importante en operaciones de filtrado y convolución. A menudo poseen arquitecturas de memoria que permiten un acceso múltiple para permitir de forma simultánea cargar varios operando, por ejemplo, una muestra de la señal de entrada y el coeficiente de un filtro simultáneamente en paralelo con la carga de la instrucción. También incluyen una variedad de modos especiales de direccionamiento y características de control de flujo de programa diseñadas para acelerar la ejecución de operaciones repetitivas. Además, la mayoría de los DSP incluyen en el propio chip periféricos especiales e interfaces de entrada salida que permiten que el procesador se comunique eficientemente con el resto de componentes del sistema, tales como convertidores analógicos-digitales o memoria.

Una *señal*, en este contexto, es una secuencia discreta (digital) que representa una señal analógica del mundo real tal como audio (unidimensional), imagen (bidimensional) o vídeo (tridimensional). Estas señales tienen la particularidad de moverse a grandes velocidades (lo que se traduce a un gran ancho de banda) y requerir mucha memoria. Por ejemplo la señal de audio que utiliza un CD casero emplea 16 bits por muestra, 44100 muestras por segundo y dos canales (estéreo). Cualquier proceso sobre este tipo de señal, como puede ser, por ejemplo, una operación de filtrado en frecuencia (lo que se conoce como *ecualización*) requiere de un gran número de operaciones que deben ser satisfechas en un tiempo muy breve (en torno a aproximadamente $2x10^{-5}$ segundos). Otras señales para lo cual se desarrollan muchos sistemas integrados están relacionadas con las tecnologías de comunicación: WiFi, GSM, GPRS, DSRC, routers, switchers, antenas, etc.

No obstante sus diferencias es importante destacar la intrusión de estas tres tecnologías. Desde los Pentiums MMX, por ejemplo, los *microprocesadores* de Intel llevan integrado un conjunto de instrucciones para procesado digital de señal, los DSP incluyen módulos de entrada salida, como convertidores analógicos/digitales y viceversa, los *microcontroladores* (como los dsPIC de Microchip) incluyen muchas de las instrucciones especializadas de un DSP, etc. Este proceso de convergencia emborrona las fronteras de estas grandes familias a la vez que facilitan dispositivos cada vez más robustos, pequeños, versátiles, integrados, de menor consumo y potentes.

Los *procesos* que "corren" en los procesadores son *funciones* (o *procedimientos*) que reciben *datos* organizados en determinado *formato* o *estructura*. Las *variables* no son más que estructura de datos que requieren de determinada cantidad de memoria cuya longitud depende del *tipo* de dato. Todas las variables, sean del tipo que sean, tienen longitud *fija*, salvo algunas excepciones —como las colecciones de otras variables (*arrays*) o las cadenas donde la longitud es *variable*. A nivel sistema, donde colaboran diversos procesadores, entidades de proceso o, simplemente, nodos, los componentes tienen un comportamiento externo similar a la *función*. Sin embargo internamente el funcionamiento es diferente. No es un único *proceso* sobre un *soporte* aislado lo que *procesa* y genera *datos* en determinado *formato*; sino múltiples procesos, en más de un hilo o hebra de ejecución, en más de un soporte, con un intercambio de datos empaquetados según determinado protocolo, etc. A este nivel se utiliza el

término *servicio* en lugar de *función*. La línea divisoria es difícil de trazar; conceptualmente es lo mismo pero operan a niveles de abstracción diferentes.

Sistemas Operativos

La elección del *procesador* debe tener en cuenta otro aspecto igualmente importante: el *sistema operativo* (OS, Operating System). En general ambos son elementos independientes y un procesador es susceptible de admitir diversos OSs pero, en aquellos casos donde el OS está *integrado* (lo cual es típico en los *sistemas integrados*) no es posible o es muy difícil su sustitución.

Un OS es un programa o conjunto de programas (secuencia de instrucciones al procesador) destinado a permitir una gestión eficaz de sus recursos. Comienza a trabajar cuando se enciende el ordenador, y gestiona el hardware de la máquina desde los niveles más básicos, permitiendo también la interacción con el usuario pero ocultándole la complejidad subyacente de la arquitectura. Los OSs vienen integrados en la mayoría de los aparatos electrónicos que utilicen *microprocesadores* para funcionar; gracias a estos se arranca la máquina y ésta cumple con sus funciones (teléfonos móviles; reproductores multiformatos: MPEG2, DIVX, XVID, DVB HDTV, etc.; TDTs... y computadoras). El uso de un OS es importante porque facilita el acceso a los recursos del procesador y los administra de manera eficaz. Actúa como una capa de abstracción que oculta la complejidad del hardware. Sin embargo requiere del consumo de estos recursos por lo que es muy importante *sintonizar, optimizar, adaptar*, el OS al sistema específico.

El *sistema operativo* es *software* y, por lo tanto, es un *proceso* (en realidad un conjunto de *procesos*) cuya función principal es la de controlar los *procesos* del sistema (entre los que se encuentran los *procesos* que lanza el usuario). El uso de un OS estándar tiene grandes ventajas: disminuye el ciclo de desarrollo e indirectamente el coste, facilita su mantenimiento, cuenta con amplio soporte, documentación y canales de ayuda, está optimizado, etc.

Sistemas Integrados

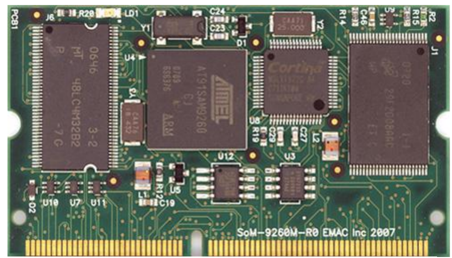
Los *sistemas integrados*[394] son un tipo particular de arquitectura HW/SW que, a diferencia de los sistemas *generales,* se diseña para satisfacer requerimientos muy *específicos*. Del inglés *embedded system* se suele traducir como *empotrado*, *embebido*, *embedido*, *embarcado* o *incrustado*. Una arquitectura de este tipo implica un control muy preciso de todos los periféricos estrictamente *necesarios* por lo que, si bien los sistemas de propósito general (como cualquier PC) admiten un número casi ilimitado de recursos[395], los *sistemas integrados* son mucho más cerrados, contienen todo lo que necesitan y lo gestionan con muy alto rendimiento y muy baja tasa de fallos. Tal capacidad de integración no está relacionada directamente con el tipo de dispositivo de proceso, ni con su uso; la piedra angular de Macintosh en sus inicios fue precisamente un alto nivel de integración (lo que le proporcionó muy alta fiabilidad y prestaciones) y, sin embargo, eran sistemas informáticos generales (para cualquier uso o, lo que es más preciso, para un elevado número de usos). Los siguientes ejemplos, uno por cada familida de procesador: *microcontrolador*, *microprocesador* y *procesador digital de señal* son solo algunos esfuerzos tecnológicos interesantes en el desarrollo de sistemas integrados; sin embargo, todos comparten algunas *buenas* características; son: baratos, versátiles, de bajo consumo y pequeños y, por supuesto, tienen un OS Linux integrado[396].

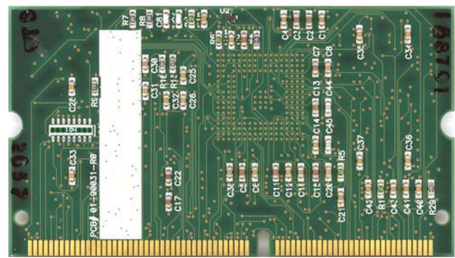
---

[394] García, Lino. Linux Integrado. *LINUX*+. 2009, Vol. 58, pp. 24-28. Disponible en: http://lpmagazine.org/es/, [Consulta: 22-12-2010].

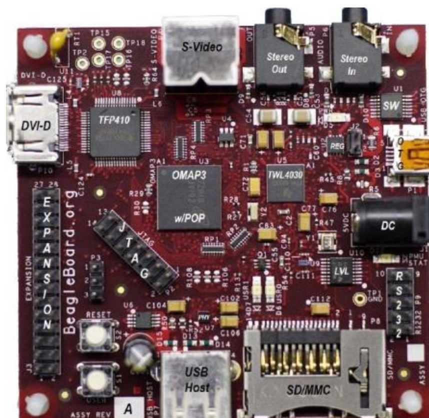
[395] Algunos de los periféricos más communes son: discos, interfaces de sonido, vídeo, televisión, impresoras, etc. La interconexión de los periféricos con la arquitectura anfitrión es uno de los eslabones débiles en la cadena de resistencia a la obsolescencia. Todos los periféricos no son gestionados por igual; los *internos* (disco duro, por ejemplo) normalmente son gestionados por el/los procesador(es) a través de buses de muy alta velocidad con protocolos bien definidos soportados por defecto por el sistema operativo en cuestión; sin embargo los *externos* requieren de la instalación de programas especiales (*plugins*) que añaden la funcionalidad desconocida del periférico al sistema operativo. Este tipo de interfaz introduce cierto acoplamiento en detrimento de independencia.

[396] SoM-9260M, de EMAC inc: http://www.emacinc.com/som/som9260.htm; Gumstix Verdex Pro XM4 de gumstix: http://www.gumstix.com/; Beagle Board, de beagleboard.org: http://beagleboard.org/; [Consulta: 10-11-2010]. Los tres sistemas integrados son “de propósito general”; están preparados para servir de prototipos en desarrollos generales.











91. Algunos ejemplos de esfuerzos tecnológicos interesantes en el desarrollo de sistemas integrados, uno por cada procesador; todos comparten algunas *buenas* características; son: baratos, versátiles, de bajo consumo y pequeños y tienen un OS Linux integrado. **Arriba**. *Microcontrolador*. SoM-9260M de EMAC Inc: basado en el procesador ARM9 AT91SAM9260 de Atmel. **Medio**. *Microprocesador*. Gumstix Verdex pro XM4 de gumstix: basado en el el procesador Marvell™ PXA270 con XScale™ (200MHz y 400MHz). **Abajo**. *DSP*. Beagle Board de beagleboard.org: basado en OMAP3 de TI.

Los *sistemas integrados* son idóneos para la solución de muchas aplicaciones que requieren potencia computacional, bajo consumo y coste, movilidad, interconectividad, compactitud, etc. Estos sistemas, *todo en uno*, no tienen nada que envidiar al resto de las arquitecturas[397]. La elección del *sistema integrado*, aunque depende de las necesidades a satisfacer, será prácticamente irrelevante teniendo en cuenta la convergencia: prestaciones, coste, versatilidad, herramientas; todo ello con un sistema operativo de libre distribución común: Linux.

El sistema operativo Linux arrastra una pesada fama respecto a la complejidad de uso y desarrollo pero es algo de lo que la comunidad es consciente y trabaja para superarlo. La instalación e interacción gráfica de versiones como Ubuntu[398] y Sugar OS lo demuestran. La disponibilidad de correr el sistema desde una llave USB como lo hace SugarLab[399], es casi exclusiva de Linux. Linux no solo facilita el acceso a los recursos del sistema integrado, sino que provee una interfaz común. El *kernel*[400] de Linux está "adaptado" a la arquitectura donde se integra para garantizar un óptimo aprovechamiento de los recursos del sistema. La principal diferencia en estas variantes es la ausencia de la unidad de gestión de memoria (MMU, memory management unit); lo que hace que un OS pueda trabajar en modo protegido integrado en el procesador. Aunque suelen ser sistemas Linux multitarea, no tienen protección de memoria ni otras características asociadas.

Existen *sistemas integrados* con recursos para casi cualquier aplicación. Este tipo de sistemas es idóneo para la integración de la tecnología informática en el entorno de una persona, de forma que los ordenadores no

---

[397] Véase Tabla 78 en el apartado Valoración presupuestaria del Anexo A – Metodologías.

[398] Ubuntu, http://www.ubuntu.com/, [Consulta: 10-10-2010].

[399] SugarLab, http://wiki.sugarlabs.org/go/Sugar_on_a_Stick, [Consulta: 10-10-2010].

[400] Afortunadamente, desde la versión 2.6 del kernel, Linux es reentrante y con derecho preferente para los procesos de usuario. Esto significa que cada proceso tiene una prioridad y puede quitar el acceso al procesador a procesos de menor prioridad; una vez termine, el proceso interrumpido continuará por donde se quedó; lo que, en otras palabras, garantiza tiempo real.

se perciban como objetos diferenciados; lo que se conoce como *computación ubicua* y es la base del nuevo *paradigma de la complejidad*. En definitiva un sistema integrado es un *todo* (*integrado*, *compacto*, *versátil*, *conectable*) que puede ser *parte* de sistemas mucho más complejos; como la vida misma.

Procesos, hebras y estados

Un *proceso* es un programa en ejecución, una secuencia de órdenes. Los *procesos* corren en la unidad central de procesamiento (CPU, Central Processing Unit) y son los encargados de manipular, crear y gestionar información o datos. Cualquier CPU es capaz de correr, al menos, un *proceso* y las más sofisticadas son capaces de correr múltiples *procesos* simultáneamente en el mismo dispositivo (lo cual se conoce como *multiprocesamiento*). Los *procesos* se inician, consumen cierto tiempo de procesador y paran, normalmente a la espera de algún dato, cuando finalizan su tarea o siguen infinitamente en espera de un nuevo *suceso*.

Precisamente para los procesadores menos dotados (mono-procesos) se idearon diferentes estrategias para poder optimizar el uso del tiempo del procesador y *simular* la ejecución simultánea de múltiples procesos; una especie de falso multi-procesamiento. Todos estos mecanismos los gestiona el *proceso* con mayor privilegio que corre en un ordenador: el *sistema operativo*.

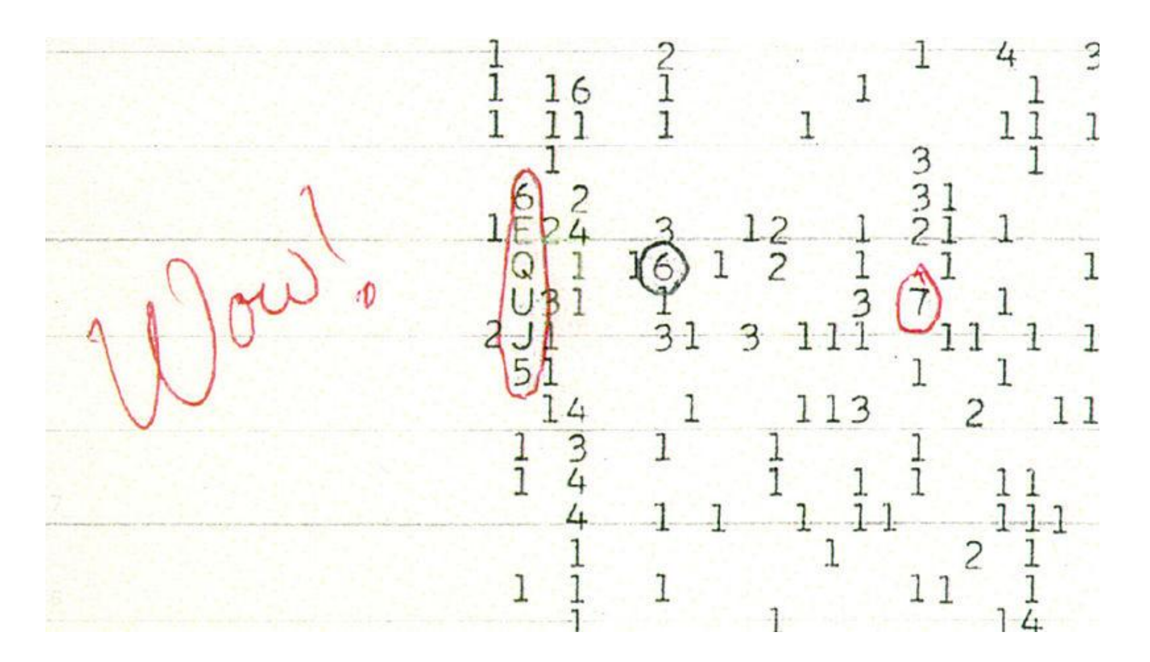
Una vez que varios *procesos* corren, ya sea de forma real o artificial, “simultáneamente”, la necesidad de intercambiar *datos* es inmediata. Incluso los *sistemas operativos* se organizan en múltiples *procesos*, cada uno encargado solo de determinada función, y son sus interrelaciones las que permiten determinados comportamientos o *procesos* a una escala mayor. En esta economía de recursos no tiene sentido, por ejemplo, que el proceso de un editor de texto se quede esperando, sin permitir a la CPU hacer ninguna otra cosa, mientras el usuario se decide a teclear un carácter o a pinchar con el ratón determinada opción. Mientras, el OS puede estar descargando sus mensajes de correo, imprimiendo una foto, reordenando el disco duro, etc. Pero, una vez que se genere la información desde el teclado, se deberá notificar al editor de texto para que continúe con su funcionamiento o “proceso”.

Las *hebras* o *hilos* (*threads*), o *subprocesos*, son un concepto fundamental en lo que se conoce como *programación concurrente*. Un *proceso* es la unidad básica de ejecución de la mayoría de *sistemas operativos*. La *hebra* no es más que un mecanismo que permite la ejecución "simultánea" de distintas aplicaciones. Una *hebra* es básicamente una tarea que puede ser ejecutada en paralelo con otra. Por ejemplo, el *kernel* del OS deja *correr* a una aplicación por un tiempo; cuando se agota dicho tiempo, el *kernel* del OS retoma el control y se lo entrega a otra aplicación. Pero, para cambiar el control de una aplicación a otra, el OS también intercambia, por cada aplicación, información adicional tal como: la identificación de los archivos abiertos, la memoria de la aplicación y la pila de ejecución, conocida como información de contexto. El *proceso* es precisamente la unidad compuesta por toda esa información contextual.

El concepto de *hebra* implica solamente un salto y mantiene el contexto[401]. Esta técnica permite simplificar el diseño de una aplicación que debe llevar a cabo distintas funciones simultáneamente. Existen muchas situaciones en la que esto es deseable. En el caso de una aplicación *cliente-servidor*, por ejemplo, para asignar una *hebra* en el *servidor* por cada solicitud del *cliente*.

El siguiente paso es obvio: interconectando varias CPU a través de algún sistema de comunicación, los *procesos* de cada una pueden compartir datos con los de sus vecinas incrementando enormemente la capacidad de procesamiento. Internet, de hecho, desde este punto de vista, es el ordenador más grande que existe en la tierra y son muchas las aplicaciones que empiezan a darle ese uso. La *comunicación entre procesos* puede ser entonces intra o inter entidad.

[401] Es decir que distintas partes de la aplicación se ejecutan concurrentemente, compartiendo memoria y archivos abiertos (la pila de ejecución no se intercambia).



92. Secuencia **6EQUJ5** (conocida como **WOW**) detectada por Jerry R. Ehman, profesor voluntario en el proyecto SETI, el 15 de agosto de 1977 a las 23:16h. Es la señal anómala más intensa detectada por un radiotelescopio y la única hasta la fecha que podría tener un origen extraterrestre.

Uno de los proyectos más conocidos de este tipo es SETI (Search for ExtraTerrestrial Intelligence)[402]. SETI@Home[403] usa los tiempos muertos de

---

[402] El proyecto SETI tiene como misión explorar, entender y explicar el origen, la naturaleza y la existencia de vida en el universo gracias al uso de la radioastronomía. La radioastronomía estudia el cosmos mediante la medición de las radiaciones electromagnéticas en la región de radio del espectro, cuya longitud de onda es mayor que la luz visible del espectro (región del espectro en la que los telescopios convencionales trabajan). Pero el volumen de datos que generan los radiotelescopios es enorme. Procesar todo esa información requiere de una potencia de proceso descomunal. El interés de este proyecto, en este contexto, no es tanto la investigación para la que fue diseñado sino porque permitió desarrollar el ordenador más grande que pueda existir: aquel que uso todos los ordenadores del mundo que desean colaborar interconectados a través de Internet.

[403] SETI@Home, http://setiathome.ssl.berkeley.edu/, [Consulta: 10-10-2010]. El proyecto SETI@Home utiliza la Infraestructura Abierta de Berkeley para la Computación en Red (BOINC, Berkeley Open Infrastructure for Network Computing), http://boinc.berkeley.edu/, [Consulta: 10-10-2010]. BOINC es una infraestructura de computación distribuida diseñada bajo el paradigma cliente-servidor que permite alcanzar una capacidad de cómputo enorme

los ordenadores conectados a Internet para realizar la búsqueda de inteligencia extraterrestre, mediante la ejecución de un programa de descarga gratuita que analiza los datos extraídos de los radiotelescopios.

Sea cual sea el ámbito donde corre un proceso solo tiene cuatro estados posibles:

Corriendo. Instrucciones en ejecución.

Bloqueado. El proceso espera porque ocurra algún evento (como la finalización de un proceso de entrada/salida).

Listo. El proceso espera su asignación al procesador.

Condenado. El proceso espera por un evento que no ocurrirá nunca.

El *proceso* más frecuente, por raro que parezca, es *bloqueado*. La mayor parte del tiempo el ordenador está ocioso. Los tiempos de entrada-salida son de orden significativamente superior a los tiempos de ejecución. Los *procesos* para transitar de un estado a otro necesitan comunicarse entre sí. El *proceso* que espera una acción del teclado lo hace hasta que el proceso que gestiona el teclado avisa. Como en un sistema de auto-regulación del tráfico que garantiza un comportamiento “civilizado” se necesita una jerarquía.

Comunicación entre Procesos

La comunicación entre procesos (IPC, Inter Process Communication)[404] se puede realizar según las siguientes categorías:

---

aprovechando la capacidad de computación de ordenadores personales que se unen voluntariamente al proyecto como servidores en sus ciclos libres o inactivos de proceso. El sistema se basa en un servidor que reparte las tareas entre los diferentes clientes, para posteriormente recoger los resultados obtenidos.

[404] García, Lino. Comunicación entre Procesos: En busca del eslabón perdido. *LINUX+*. 2010, Vol. 63, pp. 70-75. Disponible en: http://lpmagazine.org/es/, [Consulta: 22-12-2010].

Tubería (*Pipe*). Sistema de comunicación unidireccional (*half dúplex*) entre procesos dentro del mismo sistema que proviene del UNIX. En una tubería un proceso escribe datos y otro proceso los lee. Una de sus ventajas es que los datos solo pueden ser leídos una vez en el mismo orden en el cual fueron escritos.

FIFO (*Firs In First Out*). Mecanismo de colas similar a la tubería; en realidad la FIFO es una tubería identificada con un nombre. La única diferencia sustancial respecto a las tuberías es que las FIFOs existen más allá del ciclo de vida del *proceso*.

Memoria Compartida. Este mecanismo permite la comunicación entre diferentes *procesos* como si compartiesen un espacio de direcciones virtual; cualquier *proceso* que comparta una región de memoria puede escribir y leer en/de ella. El mecanismo System V IPC describe el uso del mecanismo de memoria compartida en cuatro pasos:

Obtener memoria compartida. Búsqueda de un identificar correspondiente a un área de memoria.

Obtener la dirección a la memoria compartida a través de su identificador.

Desconectar o aislar la memoria después de usar.

Finalmente uso de la dirección para controlar los accesos, permisos, recibir información y destruir el área de memoria compartida.

Este es el mecanismo más rápido de los servicios System V IPC; sin embargo, no garantiza la consistencia de los datos (un *proceso* puede leer de un área de memoria compartida mientras otro *proceso* escribe). El acceso a esta memoria debe ser *mutuamente exclusivo* y se consigue mediante mecanismos de *sincronización* entre *procesos* como semáforos; que permiten bloquear y liberar la memoria.

Memoria mapeada. La memoria mapeada, como la FIFO y la tubería, es una memoria compartida identificada con un nombre. Esta sutil diferencia tiene una gran importancia y es que el mecanismo de memoria mapeada permite mapear un archivo en un *sistema de archivo* a una porción de

memoria. Linux provee las llamadas al sistema *mmap* y *munmap* para utilizar los mecanismos de memoria mapeada. Tampoco estos mecanismos proveen opciones de *sincronización*.

Colas de mensajes. Mecanismo de System V IPC que permite que los *procesos* envíen información a otros de manera asíncrona; el *proceso* que envía continúa con su ejecución sin esperar acuse de recibo del *proceso* receptor; el receptor no espera si no tiene mensajes en su cola. Esta cola es implementada y mantenida por el *kernel*.

Sockets. Mecanismo IPC más popular simplemente porque es el único mecanismo que soporta la comunicación entre diversas máquinas. Los *sockets* proveen un canal de comunicación bidireccional (*full dúplex*) entre *procesos* que no necesariamente corren en la misma máquina[405].

Sincronización entre procesos

Cuando se trabaja con *hebras* y *procesos* la ejecución avanza en varias partes del programa a la vez y cada una de esas ejecuciones simultáneas puede tocar los mismos objetos lo que puede ser un problema cuando esos objetos son "críticos". Por ejemplo una variable compartida. Para evitar estos inconvenientes se utilizan técnicas como:

Bloqueo (*Mutex*). El término *mutex* viene de mutuamente exclusivo. Cuando un *proceso* o *hebra* bloquea un recurso mediante una llamada *mutex* al OS ningún otro *hilo* puede continuar su ejecución cuando intenta bloquearlo. Solo cuando el primer *hilo* "suelte" ese *mutex* continuará la ejecución del siguiente que lo ha solicitado.

Sección Crítica. En programación concurrente una sección crítica es una pieza de código que no permite el acceso concurrente de más de una *hebra* a recursos compartidos (estructuras de datos o dispositivos). Una sección

---

[405] Los *sockets* son asociados, generalmente, con el concepto de comunicación en red y el paradigma de programación *cliente-servidor* donde intervienen un par de *procesos*: uno de los cuales actúa como *cliente* y el otro como *servidor*. Los *procesos cliente* envían peticiones al *servidor* y el *proceso servidor* envía respuestas a las solicitudes de los *clientes*.

crítica normalmente finaliza después de un tiempo fijo, y el *hilo*, *tarea* o *proceso* tendrá que esperar a que se agote ese tiempo para entrar en ella.

Semáforos. Es un tipo de dato abstracto o variable protegida que constituye a un método clásico para controlar el acceso a un recurso desde varios procesos en un entorno de programación paralela o concurrente.

Evento. Aunque normalmente se le llama **semáforo** es un mecanismo de sincronización utilizado para indicar a un *proceso* que espera cuando una condición particular se hace cierta (*true*); cuando "ocurre" determinado acontecimiento. El evento es un tipo de dato abstracto de estado booleano y en las siguientes operaciones: *espera* – provoca, cuando se ejecuta, que el *proceso* en ejecución se suspenda hasta que el estado del evento cambie a *cierto* o *true* (si el estado es cierto no tiene efecto); *activa* – cambia el estado del evento a cierto, liberando todos los procesos en espera; *limpia* – cambia el estado del evento a *falso* (*false*).

Paralelización

Interconectando CPUs, los *procesos* de cada una pueden compartir datos con los de sus vecinas incrementando enormemente la capacidad de procesamiento. Sin embargo, increíblemente, el propio ordenador puede que disponga de otras opciones. La primera: aprovechar la capacidad *multinúcleo* de su CPU, la segunda: reutilizar la *unidad de procesamiento gráfico* (GPU, Graphics Processing Unit) y una tercera, que presupone disponer de al menos una de las opciones anteriores, la *paralelización de los procesos* o, lo que es lo mismo, cualquier código no vale, tiene que poder "desdoblarse"[406].

El *rendimiento* es una medida de cuánto se puede hacer con lo que se tiene evaluable en términos de *eficiencia* y *escalabilidad*. La *eficiencia* es un índice del grado de rendimiento real, comparado con el máximo valor alcanzable mientras que la *escalabilidad* ofrece una idea del comportamiento del sistema cuando se incrementa su capacidad de cómputo o número de procesadores pero ni todos los sistemas paralelos son

---

[406] García, Lino. Paralelización de Procesos: En busca del tiempo escondido. *LINUX*+. 2010, Vol. 65, pp. 42-47. Disponible en: http://lpmagazine.org/es/, [Consulta: 22-12-2010].

escalables ni la eficiencia de un sistema paralelo crece proporcionalmente al incremento del número de procesadores.

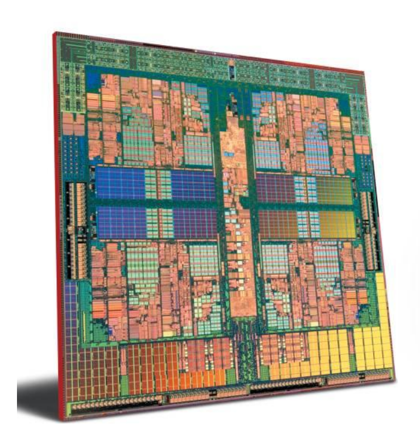
La medida de rendimiento habitual de una CPU es su frecuencia de reloj (en MHz). La mayoría de las CPUs son síncronas: requieren de determinado número de ciclos de reloj para "correr" un determinado conjunto de instrucciones. Algunas arquitecturas solo ejecutan una instrucción por ciclo de reloj (como las RISC, Reduction Instruction Set Computer) y otras un número diferente de instrucciones por el mismo número de ciclos de reloj (como las CISC, Complex Instruction Set Computer)[407]. Sin embargo existen otras maneras de mejorar drásticamente el rendimiento de una CPU *subescalar*: la *segmentación* y el *paralelismo*. La *segmentación* consiste en descomponer la ejecución de cada instrucción en varias etapas para procesar una instrucción diferente en cada una de ellas y trabajar con varias a la vez, mientras que el *paralelismo* es capaz de ejecutar más de una instrucción por ciclo de reloj; ya sea a *nivel de instrucción* (ILP, Instruction Level Parallelism), que busca el aumento de la velocidad en la cual las instrucciones son ejecutadas dentro de un CPU, o a *nivel de hilo*, (TLP, Thread Level Parallelism), que se propone incrementar el número de hilos (efectivamente programas individuales) que pueden correr simultáneamente en una CPU.

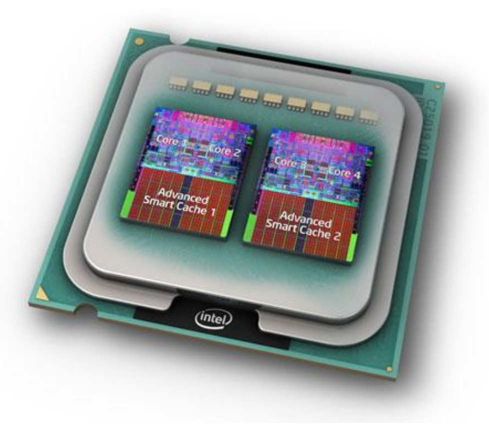
Arquitectura Multinúcleo. Los microprocesadores *multinúcleo*, como la intel multicore[408] de la siguiente figura, combinan dos o más CPUs independientes en un solo paquete, a menudo un solo circuito integrado y, en general, exhiben una cierta forma de paralelismo a nivel de *hilo* o TLP sin incluir múltiples CPUs en paquetes físicos separados. Esta forma de TLP se conoce a menudo como multiprocesamiento a nivel de chip (CMP, Chip-Level Multiprocessing). La idea de estas tecnologías es aumentar el rendimiento a costa de potenciar el paralelismo.

---

[407] La arquitectura CISC, a diferencia de la RISC, permite operaciones complejas entre operandos situados en la memoria o en los registros internos de la CPU a la vez que dificulta el paralelismo entre instrucciones, por lo que, en la actualidad, la mayoría de los sistemas CISC de alto rendimiento convierten dichas instrucciones complejas en varias instrucciones simples del tipo RISC llamadas generalmente *microinstrucciones*.

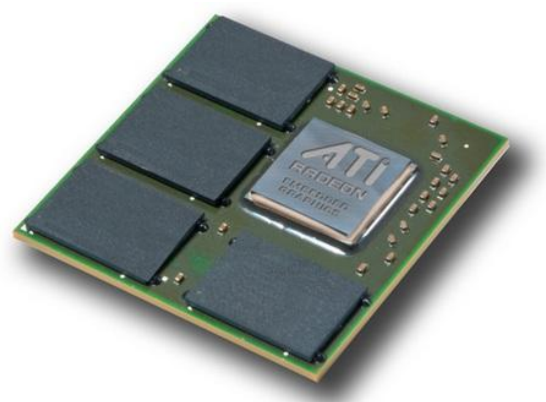
[408] Intel multicore, http://www.intel.com/multi-core/, [Consulta: 10-10-2010].





93. La tecnología Intel® multi-core, que incorpora varios núcleos de ejecución en un mismo encapsulado y hace posible la ejecución paralela de varios subprocesos de software, permite que cada núcleo se ejecute a una menor frecuencia, por lo que se divide la alimentación que normalmente se proporciona a un solo núcleo. En consecuencia, los usuarios pueden disfrutar de una increíble experiencia con una laptop o una PC, una estación de trabajo o servidores.





94. La GPU es el componente principal de un acelerador grafico o tarjeta de video cuya función es acelerar los cálculos y transferencias de datos en aplicaciones de videos y de movimientos gráficos (películas, juegos, programas con interfaces gráficas); el otro componente básico es la memoria (RAM, Random Access Memory) del acelerador.

Las arquitecturas multinúcleos son más rápidas, paradójicamente, con frecuencias de reloj menores, lo que reduce, a la vez, el consumo de energía. Por lo tanto, comparar rendimiento en términos de MHz o frecuencia de reloj, exige una misma microarquitectura, mismo tamaño de memoria caché, mismo bus (FSB, Front-Side Bus), cantidad de núcleos, etc.

Reutilización de la GPU. La GPU es un procesador dedicado exclusivamente al procesamiento de gráficos. La idea inicial de este co-procesador es aliviar la carga de trabajo del procesador central en aplicaciones como los videojuegos y/o aplicaciones 3D interactivas. De esta manera la CPU puede dedicarse a otro tipo de cálculos (como la inteligencia artificial o los cálculos mecánicos en los videojuegos) mientras que GPU procesa “específicamente” los gráficos[409].

La GPU tiene una arquitectura muy distinta a una CPU. A diferencia de la CPU, que tiene arquitectura *Von Neumann* o los *procesadores de señal digital*, cuya arquitectura es de tipo *Hardward*, la GPU se basa en el *modelo circulante*; que es una arquitectura que facilita el procesamiento en *paralelo*, y una gran *segmentación*.

Una GPU, por su especificidad, no reemplaza una CPU. Sin embargo la alta especialización de las GPU, optimizadas para cálculo con valores en coma flotante, predominantes en los gráficos 3D, y el alto grado de paralelismo inherente al procesamiento gráfico, convierten su fuerza bruta en una buena estrategia para completar más cálculos en el mismo tiempo, especialmente en el ámbito científico y de simulación; desde la

---

[409] La GPU implementa ciertas operaciones gráficas llamadas *primitivas* optimizadas y específicas para el procesamiento gráfico. Por ejemplo *antialiasing* en 3D , que suaviza los bordes de las figuras para darles un aspecto más realista; *shader*, que procesa píxeles y vértices para efectos de iluminación, fenómenos naturales y superficies con varias capas, entre otros; *HDR*, que es una técnica novedosa para representar el amplio rango de niveles de intensidad de las escenas reales (desde luz directa hasta sombras oscuras); el *mapeado de texturas*, que añade detalles en las superficies de los modelos, sin aumentar su complejidad; *motion blur* o *depth blur*, que es un efecto de emborronado debido a la velocidad de un objeto en movimiento o adquirido por la lejanía de un objeto, respectivamente; *lens flare*, que imita los destellos producidos por las fuentes de luz sobre las lentes de la cámara; efecto Fresnel o de reflejo especular, que refleja sobre un material en dependiencia del ángulo entre la superficie normal y la dirección de observación (a mayor ángulo, más reflectante); o aquellas funciones para dibujar formas básicas como rectángulos, triángulos, círculos y arcos.

biología computacional a la criptografía por ejemplo. Por ello una GPU puede ofrecer un gran rendimiento en aplicaciones diseñadas con muchos hilos que realizan tareas independientes (que es lo que hacen las GPUs al procesar gráficos; su tarea natural).

Los modelos actuales de GPU suelen tener una media docena de procesadores de vértices (que ejecutan *Vertex Shaders*), y hasta dos o tres veces más procesadores de fragmentos o píxeles (que ejecutan *Pixel Shaders* o *Fragment Shaders*). De este modo, una frecuencia de reloj de unos 600-800 MHz (el estándar hoy en día en las GPU de más potencia), muy baja en comparación con lo ofrecido por las CPU (3.8-4 GHz en los modelos más potentes que no necesariamente más eficientes), se traduce en una potencia de cálculo mucho mayor.

La programación de la GPU ha evolucionado desde las llamadas a servicios de interrupción de la BIOS (Basic Input Output System), la programación en lenguaje ensamblador específico a cada modelo, hasta alcanzar un nivel más de abstracción entre hardware y software, con el diseño de APIs (Application Program Interface), que proporcionan un lenguaje más homogéneo para los modelos disponibles en el mercado (el primer API usado ampliamente fue el estándar abierto OpenGL, Open Graphics Language, tras el cual Microsoft desarrolló DirectX) hasta, en la actualidad, el desarrollo de un lenguaje de alto nivel para gráficos más natural y cercano al programador. Por ello, de OpenGL y DirectX surgieron propuestas como: GLSL (OpenGL Shading Language) implementado en principio por todos los fabricantes, asociado a la biblioteca OpenGL; Cg (del inglés, "C for graphics") de la empresa californiana NVIDIA, con mejores resultados que GLSL en las pruebas de eficiencia y HLSL (High Level Shading Language), producto de la colaboración de NVIDIA y Microsoft, prácticamente idéntico a Cg, pero con ciertas incompatibilidades menores.

Las diferencias fundamentales entre las arquitecturas de la GPU y la CPU dificultan la implementación beneficiosa de cualquier problema en la GPU. El primer reto es el acceso a memoria. Las CPU están diseñadas para el acceso directo (aleatorio) a memoria lo que favorece la creación de estructuras de datos complejas, con punteros a posiciones arbitrarias en memoria. En cambio, en una GPU, el acceso a memoria es mucho más restringido. Por ejemplo, en un procesador de vértices, se favorece el modelo *scatter*, en el que el programa lee en una posición predeterminada

de la memoria, pero escribe en una o varias posiciones arbitrarias. En cambio, un procesador de *píxels*, o fragmentos, favorece el modelo *gather*, en el que el programa lee de varias posiciones arbitrarias, pero escribe solo en una posición predeterminada.

La tarea del diseñador de *algoritmos* GPGPU (General-Purpose Computing on Graphics Processing Units) consiste principalmente en adaptar los accesos a memoria y las estructuras de datos a las características de la GPU. Generalmente, la forma de almacenar datos es en un búfer 2D, en lugar de lo que normalmente sería una textura. El acceso a esas estructuras de datos es el equivalente a una lectura o escritura de una posición en la textura. Puesto que generalmente no se puede leer y escribir en la misma textura, si esta operación es imprescindible para el desarrollo del algoritmo, éste se debe dividir en varias pasadas.

Cualquier *algoritmo* que es implementable en una CPU lo es también en una GPU, sin embargo, esas implementaciones no serán igual de eficientes en las dos arquitecturas. Solo los *algoritmos* con un alto grado de paralelismo, sin necesidad de estructuras de datos complejas, y con una alta intesidad aritmética, obtienen mayores beneficios de su implementación en la GPU.

El desarrollo de programas GPGPU se realiza tradicionalmente en ensamblador o en los lenguajes específicos para aplicaciones gráficas de la GPU como GLSL, Cg o HLSL. Sin embargo existe una tendencia hacia la abstracción de los detalles relacionados con los gráficos y la presentación de una interfaz de más alto nivel como BrookGPU[410] o Sh[411]. La iniciativa OpenCL (Open Computing Language) es un estándar de computación abierto que consta de una API y de un lenguaje de programación. Juntos permiten crear aplicaciones con paralelismo a nivel de datos y de tareas (en un único

---

[410] BrookGPU, http://graphics.stanford.edu/projects/brookgpu/, [Consulta: 10-10-2010]. BrookGPU ha sido desarrollada en la Universidad de Stanford, una extensión ANSI C que proporciona nuevos tipos de datos y operaciones (*stream*, *kernel*, *reduction*, etc.) automáticamente convertidos a una implementación que aprovecha la GPU sin intervención explícita por parte del programador

[411] Sh, http://www.libsh.org/, [Consulta: 10-10-2010]. Sh es una extensión de C++ para metaprogramación con una implementación automática en la GPU.

o varios procesadores) que pueden ejecutarse tanto en GPUs como CPUs (GPU, CPU, GPU + CPU o múltiples GPUs), con recursos computaciones heterogéneos. OpenCL, además, está diseñado para trabajar con APIs gráficas como OpenGL y está basado, al igual que Brook, en ANSI C, eliminando cierta funcionalidad y extendiéndolo con operaciones vectoriales.

OpenCL define un dominio computacional N-Dimensional donde cada elemento independiente de ejecución en N-D es denominado *work-item*. El domino N-D define el número total de work-items que corren en paralelo (tamaño del trabajo global; los *work-items* se pueden agrupar en *work-groups*). Los *work-items* en grupo se pueden comunicar entre sí y pueden sincronizar la ejecución entre *work-items* en grupo para coordinar el acceso a memoria (ejecutar múltiples *work-groups* en paralelo y mapeado del tamaño del trabajo global para los *work-groups*). El modelo de ejecución de datos en paralelo (*data-parallel*) debe estar implementado en todos los dispositivos de cómputo OpenCL. Algunos dispositivos de cómputo como las CPUs pueden ejecutar *kernels* de cómputo de tareas en paralelo: como un único *work-item*, un *kernel* de cómputo escrito en OpenCL o una función C/C++ nativa.

CUDA[412] (Compute Unified Device Architecture) es otra iniciativa, desarrollada por *nVidia*, que intenta explotar las ventajas de las GPUs frente a las CPUs de propósito general utilizando el paralelismo que ofrecen sus múltiples núcleos, y permite el lanzamiento de un altísimo número de hilos simultáneos. CUDA es un conjunto de herramientas de desarrollo, entre las que se encuentra un compilador, que permiten a los programadores usar una variación del lenguaje de programación C para codificar algoritmos en GPUs de nVidia de la serie G8X en adelante, incluyendo GeForce, Quadro y la línea Tesla. Por medio de *wrappers* se puede usar Python, Fortran y Java en vez de C/C++ y en el futuro, quizá el presenta, se sumarán otros lenguahes como OpenCL y Direct3D.

CUDA es una estrategia de programación interesante; sin embargo, no permite recursividad, punteros a funciones, variables estáticas dentro de funciones o funciones con número de parámetros variable; no soporta el

---

[412] CUDA, http://www.nvidia.es/object/cuda_home_new_es.html, [Consulta: 10-10-2010].

renderizado de texturas; en precisión simple no soporta números desnormalizados o NaNs (infinitos); no garantiza ausencia de cuello de botella entre la CPU y la GPU por los anchos de banda de los buses y sus latencias; y obliga a lanzar los *hilos*, por razones de eficiencia, agrupados en al menos 32, con miles de hilos en total.

La estrategia de CUDA es permitir la creación de aplicaciones que, de forma transparente, escalen su paralelismo e incrementar así el número de núcleos computacionales. Los tres puntos clave de este diseño son: la jerarquía de grupos de hilos, las memorias compartidas y las barreras de sincronización. La estructura que se utiliza en este modelo está definida por un *grid*, dentro del cual hay bloques de hilos formados por, como máximo, 512 hilos distintos. En la arquitectura CUDA un multiprocesador contiene ocho procesadores escalares, dos unidades especiales para funciones trascendentales, una unidad multi-hilo de instrucciones y una memoria compartida. El multiprocesador crea y maneja los hilos sin ningún tipo de sobrecarga (*overhead*) por la planificación, lo cual unido a una rápida sincronización por barreras y una creación de hilos muy ligera, consigue que se pueda utilizar CUDA en problemas de muy baja granularidad, incluso asignando un hilo a un elemento; por ejemplo de una imagen (un pixel).

Sacar el mayor rendimiento al ordenador parece una obviedad; sin embargo, los ordenadores "caducan" con potencia de sobra para lo que habitualmente se utilizan. La obsolescencia la imponen grandes campaña de consumo, programas que gastan más recursos para hacer lo mismo, y el afán de seguir la "moda". Linux es una excepción en este desvarío de hacer menos con más. Poco a poco las instituciones y el público en general, van tomando nota de las ventajas que tiene el uso de software libre, pero aún queda mucho recorrido para diseñar y explotar aplicaciones que expriman al máximo todos los recursos.

Estas iniciativas que explotan la paralelización de procesos son alentadoras en este sentido. La mayoría de las críticas al uso de la GPU, pese que las ventajas de su uso para ciertas aplicaciones son evidentes, están generalmente dirigidas a la inconveniencia de usar un procesador para fines completamente diferentes a lo que se pensaba al diseñarlos. Otro argumento común es la falta de continuidad de las arquitecturas usadas. La rápida evolución o exagerada obsolescencia del hardware gráfico, según se quiera ver, hace que implementaciones de algoritmos que funcionaban

óptimamente en un modelo de GPU, dejan de hacerlo, o lo hacen sub-óptimamente en un modelo posterior. Otra crítica es la falta de precisión de los registros de coma flotante de las GPU (2 o 4 bytes para representar un número real, en comparación con los 4, 8 o más usados en las CPUs modernas, no son suficientes para muchas aplicaciones científicas).

Pese a las críticas, cualquier línea en la búsqueda de una explotación eficiente de los recursos "ocultos", de su reutilización y de la prolongación de la vida útil de las máquinas, es bienvenida. A la larga, el entrecruce o tejido de estas tecnologías es beneficioso. En un futuro, quizá no muy lejano, las CPUs introduzcan tecnologías propias de las GPUs o viceversa y el *paralelismo*, clave para el aumento de la "velocidad" de las máquinas, se convierta definitivamente, por qué no, en el *paradigma de la programación en paralelo*.

Paradigma Cliente-Servidor

Esta arquitectura distribuye la capacidad de proceso entre *clientes* y *servidores* como se muestra en la siguiente figura. Tal separación entre *cliente* y *servidor* es solo de tipo lógica; el *servidor* no se ejecuta necesariamente sobre una sola máquina ni es necesariamente un solo programa. Una disposición muy común son los sistemas multicapa en los que el *servidor* se descompone en diferentes programas que pueden ser ejecutados por diferentes computadoras aumentando así el grado de distribución del sistema. La *arquitectura cliente-servidor* sustituye a la arquitectura monolítica en la que no hay distribución, tanto a nivel físico como a nivel lógico.

En una aplicación *cliente-servidor* las órdenes a procesar se deben generar en determinado formato a partir de una base de datos; por ejemplo, XML[413] (e**X**tensible **M**arkup **L**anguage, lenguaje de etiquetas

---

[413] XML es un metalenguaje extensible de etiquetas desarrollado por el World Wide Web Consortium (W3C). Disponible en: http://www.w3.org/, [Consulta: 10-10-2010]. Es una simplificación y adaptación del SGML y permite definir la gramática de lenguajes específicos (de la misma manera que HTML es a su vez un lenguaje definido por SGML). Por lo tanto XML no es realmente un lenguaje en particular, sino una manera de definir lenguajes para diferentes necesidades: un metalenguaje. La aplicación de XML no está limitada a Internet, sino que se propone como un estándar para el intercambio de información estructurada entre diferentes plataformas. Se puede usar en bases de datos, editores de texto, hojas de

extensible). XML, al ser un metalenguaje permite serializar los datos desde la base fácilmente y desestructurarlos en el *cliente* (con un analizador sintáctico o *parser*). Cada *cliente* procesa la orden y envía la respuesta (también en un formato estructurado). JAVA incorpora SAX (Simple API for XML) para ambas: análisis y síntesis de tramas XML pero existen múltiples implementaciones de menor "peso", como Java Micro XML Parser[414], o MinML[415], útiles incluso para usar en *sistemas integrados*.

En la *arquitectura cliente-servidor* (C/S) el *servidor* centraliza el control de acceso, los recursos y la integridad de los datos por lo que un programa *cliente* defectuoso o no autorizado no pueda dañar el sistema. Sin embargo esta centralización también tiene su debilidad: la congestión del tráfico y menor robustez. El acceso masivo de peticiones simultáneas a un *servidor* puede causar problemas de ancho de banda e incluso la caída del sistema cuando las peticiones de los *clientes* no pueden ser satisfechas. El paradigma C/S es escalable; es posible aumentar la capacidad de *clientes* y *servidores* por separado.

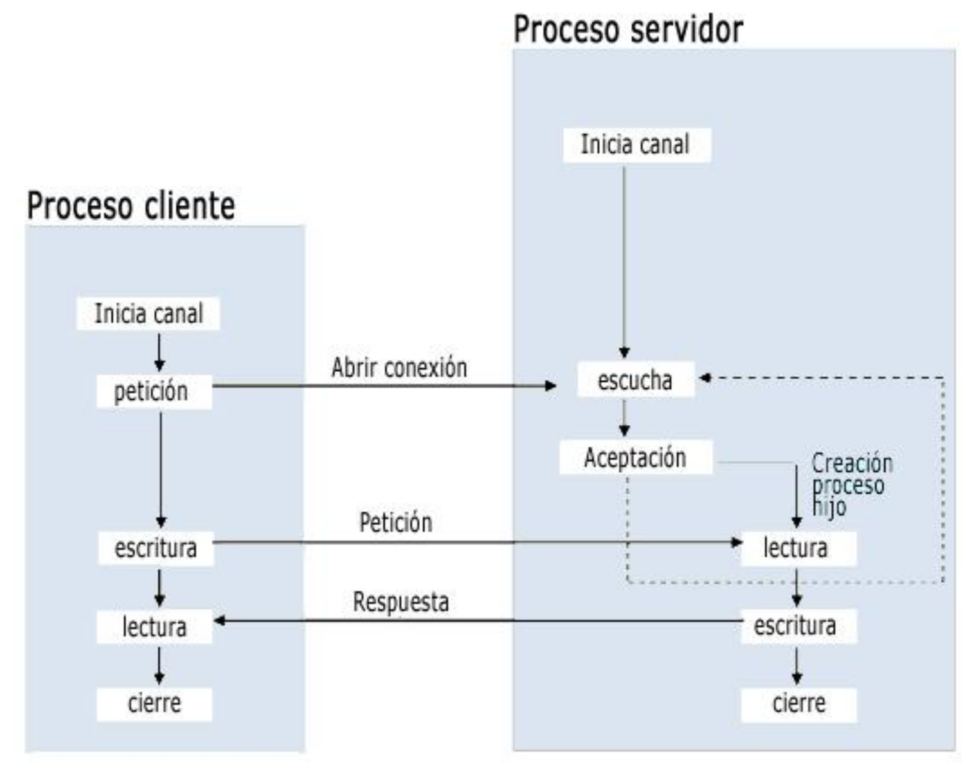
La arquitectura C/S, requiere de la definición de un protocolo de comunicación a nivel de aplicación que puedan utilizar los *clientes* para comunicarse con el *servidor*. Este protocolo debe contener una serie de mensajes parametrizables que estandaricen el proceso de comunicación. Para determinados *servicios* existen protocolos bien definidos y estandarizados; pero si se va a "montar" un servidor propio que ofrezca servicios distintos a los que ya existen, se debe definir el protocolo que permita la comunicación con el mismo.

---

cálculo y cualquier aplicación imaginable. XML es una tecnología simple que tiene a su alrededor otras que la complementan y la hacen mucho más grande y con unas posibilidades mucho mayores. Su mayor importancia es permitir la compatibilidad entre sistemas para compartir información de manera segura, fiable y fácil.

[414] Java Micro XML Parser, http://sourceforge.net/projects/uxparser/, [Consulta: 10-10-2010].

[415] MinML, http://www.vclcomponents.com/XML/Parsers/Java/MinML-info.html, [Consulta: 10-10-2010].



95. Funcionamiento de una comunicación entre procesos a través de sockets en el paradigma *cliente-servidor*.

Todos los mecanismos de *comunicación entre procesos* presentados son comunes a la mayoría de los sistemas operativos. Las técnicas relacionadas con *pase de mensaje* (*message passing*), sin embargo, han sido excluidas por su extensión pero no son menos importantes. El *pase de mensaje* es una forma de comunicación natural a la computación en paralelo, la programación orientada a objetos y la comunicación entre procesos. En este modelo los procesos y objetos pueden enviar y recibir mensajes (de cero o más bytes, estructuras complejas de datos e incluso, segmentos de código) a otros procesos.

Algunos ejemplos de sistemas de pase de mensajes son los sistemas de invocación de métodos remotos y objetos distribuidos como ONC RPC (Open Network Computing Remote Procedure Call), CORBA (Common Object

Request Broker Architecture), Java RMI (Java Remote Method Invocation API[416]; es una interfaz de programación de aplicación Java que realiza el equivalente orientado a objetos de las llamadas a procedimientos remotos equivalente RPC, Remote Procedure Calls), DCOM (Distributed Component Object Model; tecnología propietaria de Microsoft), SOAP (Simple Object Access Protocol), .NET Remoting (API de Microsoft para la comunicación entre procesos liberado en 2002 con la versión 1.0 de .NET), QNX Neutrino RTOS, OpenBinder y D-Bus (Desktop Bus).

La *llamada a procedimiento remoto* (RPC, Remote Procedure Call) es un protocolo que permite a un programa de ordenador ejecutar código en otra máquina remota sin tener que preocuparse por la comunicación entre ambos. Este protocolo es un gran avance sobre los *sockets* en cuanto las comunicaciones, encapsuladas dentro de las RPC, son ajenas al programador. Las RPC son muy utilizadas en el paradigma C/S. El *cliente* inicia el proceso solicitando al *servidor* que ejecute cierto procedimiento o función y enviando éste de vuelta la respuesta de dicha operación al cliente.

Hay distintos tipos de RPC, muchos de ellos estandarizados como pueden ser el RPC de Sun denominado ONC RPC (RFC 1057), el RPC de OSF denominado DCE/RPC y el Modelo de Objetos de Componentes Distribuidos de Microsoft DCOM. Ninguno de estos es compatible entre sí. La mayoría de ellos utilizan un *lenguaje de descripción de interfaz* (IDL, Interface Description Language) que define los métodos exportados por el servidor. Es habitual definir IDL mediante el lenguaje XML y el uso de HTTP como protocolo de red; lo que da lugar a lo que se conoce como *servicios web*. Por ejemplo SOAP o XML-RPC.

La *arquitectura común de intermediarios en peticiones a objetos* (CORBA, Common Object Request Broker Architecture) es un estándar que establece una plataforma de desarrollo de *sistemas distribuidos* y facilita la invocación de métodos remotos bajo un paradigma orientado a objetos. CORBA fue definido y está controlado por el Object Management Group (OMG) que

---

[416] Interfaz de programación de aplicaciones (API, Application Programming Interface). Una API es un conjunto de funciones y procedimientos (o métodos, en la programación orientada a objetos) que ofrece cierta biblioteca (librería) para ser utilizado por otro software como una capa de abstracción. Son usados generalmente en las bibliotecas.

define las APIs, el protocolo de comunicaciones y los mecanismos necesarios para permitir la interoperabilidad entre diferentes aplicaciones escritas en diferentes lenguajes y ejecutadas en diferentes plataformas, lo que es fundamental en *computación distribuida*. En un sentido general CORBA "envuelve" el código escrito en otro lenguaje en un paquete que contiene información adicional sobre las capacidades del código que contiene, y sobre cómo llamar a sus métodos. Los objetos que resultan pueden entonces ser invocados desde otro programa (u objeto CORBA) desde la red. En este sentido CORBA se puede considerar como un formato de documentación legible por la máquina, similar a un archivo de cabeceras pero con más información. CORBA utiliza un lenguaje de definición de interfaces (IDL) para especificar los interfaces con los servicios que los objetos ofrecerán. CORBA puede determinar a partir de este IDL la interfaz a un lenguaje determinado describiendo cómo los tipos de dato CORBA deben ser utilizados en las implementaciones del *cliente* y del *servidor*. Existen implementaciones estándar para Ada, C, C++, Smalltalk, Java y Python. Hay también implementaciones para Perl y TCL. Al compilar una interfaz en IDL se genera código para el *cliente* y el *servidor* (el que implementa el objeto). El código del *cliente* sirve para poder realizar las llamadas a métodos remotos. Es el conocido como *stub*, el cual incluye un *proxy* (representante) del objeto remoto en el lado del *cliente*. El código generado para el *servidor* consiste en unos *skeletons* (esqueletos) que el desarrollador tiene que rellenar para implementar los métodos del objeto. CORBA es más que una especificación multiplataforma, también define servicios habitualmente necesarios como seguridad y transacciones pero no es un sistema operativo en si, sino un *middleware*[417].

Un *servicio web* (*web service*) es una colección de protocolos y estándares que sirven para intercambiar datos entre aplicaciones. Distintas aplicaciones de software desarrolladas en lenguajes de programación

---

[417] Software de conectividad que ofrece un conjunto de *servicios* que hacen posible el funcionamiento de aplicaciones distribuidas sobre plataformas heterogéneas. Funciona como una capa de abstracción de software distribuida, que se sitúa entre las capas de aplicaciones y las capas inferiores (sistema operativo y red). El *middleware* abstrae de la complejidad y heterogeneidad de las redes de comunicaciones subyacentes, así como de los sistemas operativos y lenguajes de programación, proporcionando una API de fácil programación y manejo de aplicaciones distribuidas. Dependiendo del problema a resolver y de las funciones necesarias, son útiles un tipo de servicios de middleware u otros.

diferentes, y ejecutadas sobre cualquier plataforma, pueden utilizar los *servicios web* para intercambiar datos en redes de ordenadores como Internet. La interoperabilidad se consigue mediante la adopción de estándares abiertos. Las organizaciones OASIS y W3C son los comités responsables de la arquitectura y reglamentación de los servicios Web. Para mejorar la interoperabilidad entre distintas implementaciones de servicios Web se ha creado el organismo WS-I, encargado de desarrollar diversos perfiles para definir de manera más exhaustiva estos estándares.

La principal razón para usar *servicios web* es que se basan en HTTP sobre TCP (Transmission Control Protocol) en el puerto 80. Dado que las organizaciones protegen sus redes mediante firewalls (que filtran y bloquean gran parte del tráfico de Internet), cierran casi todos los puertos TCP salvo el 80, que es, precisamente, el que usan los navegadores. Los servicios Web se enrutan por este puerto, por la simple razón de que no resultan bloqueados. Otra razón es que, antes de que existiera SOAP, no había buenas interfaces para acceder a las funcionalidades de otros ordenadores en red. Las que había eran *ad hoc* y poco conocidas, tales como EDI (Electronic Data Interchange), RPC, u otras APIs. Una tercera razón por la que los *servicios web* son muy prácticos es que pueden aportar gran independencia entre la aplicación que usa el *servicio web* y el propio *servicio*. De esta forma, los cambios a lo largo del tiempo en uno no deben afectar al otro. Esta flexibilidad será cada vez más importante, dado que la tendencia a construir grandes aplicaciones a partir de componentes distribuidos más pequeños es cada día más acusada.

Al contrario de las *arquitecturas orientado a objetos*, las *arquitecturas orientadas a servicios* están formadas por *servicios* de aplicación débilmente acoplados y altamente interoperables, es decir, servicios poco dependientes unos de otros pero con gran facilidad de comunicación entre ellos que permite combinarlos de forma simple y eficaz. Para comunicarse entre sí, estos *servicios* se basan en una definición formal independiente de la plataforma subyacente y del lenguaje de programación. Por ejemplo en WSDL[418] la definición del interfaz encapsula (oculta) las particularidades de

[418] WSDL (siglas de Web Services Description Language) es un formato XML que se utiliza para describir servicios Web (se suele leer como *wisdel*). La versión 1.0 fue la primera recomendación por parte del W3C y la versión 1.1 no alcanzó nunca tal estatus. La versión 2.0 se convirtió en la recomendación actual por parte de dicha entidad.

una implementación, lo que la hace independiente del fabricante, del lenguaje de programación o de la tecnología de desarrollo (como Plataforma Java o Microsoft.NET). Con esta arquitectura, se pretende que los componentes software desarrollados sean muy reusables, ya que la interfaz se define siguiendo un estándar; así, un servicio C# podría ser usado por una aplicación Java.

Servicios

Los *servicios*, al igual que muchos componentes, tratan de ser bloques independientes que, de forma colectiva, representan un entorno de aplicación. De forma opuesta a los componentes tradicionales, los servicios tienen una serie de características que los permiten formar parte de una *arquitectura orientada a servicios*. Una de estas características es su completa autonomía con respecto a otros *servicios*: cada *servicio* es responsable de si mismo, lo cuál se suele traducir en limitar su alcance a una función específica del *negocio*, o a un grupo de funcionalidades reducidas. Este acercamiento de diseño resulta en la creación de unidades independientes de funcionalidades del negocio independientes entre si.

Uno de los tipos de servicios más estándares, utilizados y aceptados son los *servicios web* XML. Este tipo de servicios tiene dos tipos de requerimientos: se comunica mediante protocolos de Internet (por lo general HTTP) y envía y recibe datos formateados como documentos XML. Con estas restricciones es posible desarrollar un *servicio web*, escrito en el lenguaje de programación que se desee. La alta aceptación de los *servicios web* ha resultado en la aparición de una serie de tecnologías suplementarias que se han convertido en estándares *de facto*. Un *servicio web* estándar para la industria, suele realizar una *descripción de servicio* que, como poco, consiste en un documento WSDL, debe ser capaz de transportar documentos XML utilizando SOAP sobre HTTP.

Por otra parte, es común que un *servicio web* sea capaz de actuar tanto como *cliente* como *servidor* de un *servicio* y esté registrado en un agente de descubrimiento a través del cual puede ser localizado. En una conversación típica con un *servicio web*, el *cliente* que inicia la petición es también un *servicio web*. Así pues, los *servicios web* no encajan en la arquitectura C/S, su arquitectura tiene más que ver con las *redes peer-to-peer* (P2P) dónde los nodos hablan de igual a igual.

XML, SOAP o WSDL son estándares comúnmente adoptados que forman parte de la base tecnológica de los servicios web[419]:

XML. No es realmente un lenguaje en particular, sino un metalenguaje: una forma de definir lenguajes para diferentes necesidades. Algunos de estos lenguajes que usan XML para su definición son XHTML, SVG, MathML. XML no solo es aplicable en aplicaciones de Internet, sino que se propone como un estándar para el intercambio de información estructurada entre diferentes plataformas. Se puede usar en bases de datos, editores de texto, hojas de cálculo y casi cualquier cosa imaginable; es una tecnología sencilla que tiene a su alrededor otras que la complementan y la hacen mucho más grande y con unas posibilidades mucho mayores. Su importancia es mayor cuanto mayor es la compatibilidad que ofrece entre sistemas y la capacidad de compartir la información de una manera segura, fiable y fácil.

WSDL. Formato XML que se utiliza para describir *servicios web*. WSDL describe la interfaz pública a los *servicios web*. Está basado en XML y describe la forma de comunicación, es decir, los requisitos del protocolo y los formatos de los mensajes necesarios para interactuar con los *servicios* listados en su catálogo. Las operaciones y mensajes que soporta se describen en abstracto y se ligan después al protocolo concreto de red y al formato del mensaje. Así, WSDL se usa a menudo en combinación con SOAP y XML Schema. Un programa *cliente* que se conecta a un *servicio web* puede leer el WSDL para determinar qué funciones están disponibles en el *servidor*. Los tipos de datos especiales se incluyen en el archivo WSDL en forma de XML Schema. El *cliente* puede usar SOAP para hacer la llamada a una de las funciones listadas en el WSDL.

SOAP. Protocolo estándar creado por Microsoft, IBM y otros (actualmente bajo el auspicio de la W3C) que define cómo dos objetos en diferentes *procesos* pueden comunicarse por medio de intercambio de datos XML. SOAP es uno de los protocolos utilizados en los *servicios web*. A diferencia de DCOM y CORBA, que son binarios, SOAP usa el código fuente en XML. Esto facilita su lectura (es legible), a la vez que genera mensajes más largos. El intercambio de mensajes se realiza mediante tecnología de componentes[420] (*software componentry*). El término *object* en el nombre

---

[419] Erl, Thomas. *Service Oriented Architecture: Guide to Integrating XML and Web Services*. Prentice Hall, 2004.

[420] *Software componentry* es una forma común y conveniente de comunicación inter-procesos (IPC). Está construido sobre teorías de objetos software, arquitecturas software,

significa que se adhiere al paradigma de la programación orientada a objetos.

SOAP es un marco extensible y descentralizado que permite trabajar sobre múltiples pilas de protocolos de redes informáticas. Es posible modelar los procedimientos de llamadas remotas en forma de varios mensajes SOAP interactuando entre sí. SOAP funciona sobre cualquier protocolo de Internet, generalmente HTTP, que es el único homologado por el W3C. SOAP tiene como base XML, con un diseño que cumple el patrón Cabecera-Desarrollo de diseño de software, como otros muchos diseños, verbigracia HTML. La cabecera: *header*, es opcional y contiene metadatos sobre enrutamiento (routing), seguridad o transacciones. El desarrollo: *body*, contiene la información principal, que se conoce como carga útil (*payload*). La carga útil se acoge a un XML Schema propio.

El registro en el catálogo se hace en XML. UDDI[421] es una iniciativa industrial abierta (sufragada por la OASIS) entroncada en el contexto de los *servicios web*. El registro de un negocio en UDDI tiene tres partes: páginas blancas (dirección, contacto y otros identificadores conocidos), páginas amarillas (categorización industrial basada en taxonomías), páginas verdes (información técnica sobre los servicios que aportan las propias empresas). UDDI es uno de los estándares básicos de los *servicios web* cuyo objetivo es gestionar el acceso de los mensajes SOAP y dar paso a documentos WSDL, en los que se describen los requisitos del protocolo y los formatos del mensaje solicitado para interactuar con los *servicios web* del catálogo de registros.

Estos sistemas se conocen como sistemas de “nada compartido” porque la abstracción del pase de mensajes oculta los cambios de estado subyacentes utilizados en la implementación de envío de mensajes. Estos modelos basados en lenguajes de programación normalmente definen la mensajería (casi siempre asíncrona) como el envío de datos (normalmente como copia) a un terminal de comunicación (actor, proceso, hilo, socket,

---

estructuras software y patrones de diseño software (*software design patterns*), y es la extensión de la teoría de programación orientada a objetos y el diseño orientado a objetos. Los componentes *software* pueden ser intercambiables y confiables; recicla la idea de los componentes *hardware* utilizados, por ejemplo, en telecomunicaciones.

[421] UDDI son las siglas del catálogo de negocios de Internet denominado *Universal Description, Discovery and Integration*.

etc.). Los mensajes son utilizados en el mismo sentido que en la comunicación entre procesos (la versión de alto nivel de un circuito virtual).

Los mecanismos de *comunicación entre procesos* permiten el intercambio de datos entre aplicaciones y, por lo tanto, ofrecen la posibilidad de diseñar sistemas complejos y robustos, distribuidos, concurrentes y paralelos. Esta posibilidad de interacción segura permite concebir Internet como el ordenador distribuido más grande jamás construido. El proyecto SETI, basado en la infraestructura BOINC, es solo un ejemplo de cómo aprovechar los ciclos ociosos de ordenadores cooperativos poco potentes para realizar cálculos que tardarían, incluso en el súper-ordenador más rápido que exista, años o siglos[422]. El paradigma clásico *cliente-servidor*, pese a las críticas que recibe: la red se construye en torno al servidor, la congestión del tráfico, uso limitado de los recursos del *servidor* por los *clientes* y el coste del *servidor*; tiene a favor, entre otras: la centralización de los recursos en el *servidor*, seguridad, escalabilidad de la red (se pueden agregar o eliminar clientes sin afectar el funcionamiento de la red), centralización del control en el servidor, etc.

Sin embargo es posible desarrollar sistemas donde convivan múltiples servidores (como los P2P) o aplicaciones actúen de *cliente* y *servidor* simultáneamente lo que potencia la distribución o descentralización de las aplicaciones. La *computación en nube* o el *paradigma de los sistemas complejos* son solo algunos ejemplos de nuevos tipos de estructuración de las aplicaciones.

Curiosamente la única señal que señala a unos posibles vecinos extraterrestres fue obtenida fuera del proyecto SETI@Home pero son muchas las aplicaciones ideales para este paradigma entre las que, sin duda, se encuentran las relacionadas con el arte digital y todos los procesos de Restauración; por lo menos hasta que aparezca el primer extraterrestre que emita una señal entre las billones de frecuencias de radio que fluyen por el Universo.

---

[422] El análisis de un paquete SETI puede demorar de 1 hora, en caso de supercomputadoras, a 70 o 100 horas, en caso de ordenadores muy antiguos.

Computación en Nube

A mediados de los 90 Marc Andreessen (cofundador de la empresa *Netscape Communications Corporation* y coautor de *Mosaic*, uno de los primeros navegadores *web* con interfaz gráfico) predijo que *Microsoft Windows* estaba destinado a ser un "pobre conjunto de drivers ejecutándose en Netscape Navigator." Netscape desapareció en Marzo del 2008, sin embargo, su predicción va camino de cumplirse en algún navegador *web*.

En LINOOS[423] se cuestiona el papel de los sistemas operativos en la actualidad en un mundo interconectado a alta velocidad llamado Internet. Internet, la *nube*, se puede considerar como un superordenador cuya potencia está *distribuida* por todo el globo. El paradigma de la computación distribuida y compleja, convive a diferentes escalas (según la aplicación y unidades de proceso involucradas): uso de múltiples ordenadores en una empresa en lugar de uno solo centralizado (aplicado desde finales de los 70s), uso de múltiples ordenadores en red distribuidos en un área geográfica extensa o en el mundo entero (vía Internet) o el uso de múltiples dispositivos inteligentes en red; todo ello para resolver un solo problema (con la ilusión de muchos a la vez). En definitiva la explotación de la capacidad de *computar* e *interconectar* de las tecnologías digitales ha producido un cambio de paradigma hacia la *computación en nube*[424].

Según TryCatch en su blog[425] sobre programación: Web y tecnología: *Sin miedo a las excepciones...*

> La *computación en nube* no es una tecnología nueva ni una arquitectura o framework de desarrollo Web más ágil y más productivo.

---

[423] García, Lino. LINO Operating System. *LINUX+*, 2009, Vol. 52, pp. 42-45. Disponible en: http://lpmagazine.org/es/, [Consulta: 22-12-2010].

[424] García, Lino. Cloud Computing: Stairway To Heaven. *LINUX+*. 2009, Vol. 55, pp. 32-34. Disponible en: http://lpmagazine.org/es/, [Consulta: 22-12-2010].

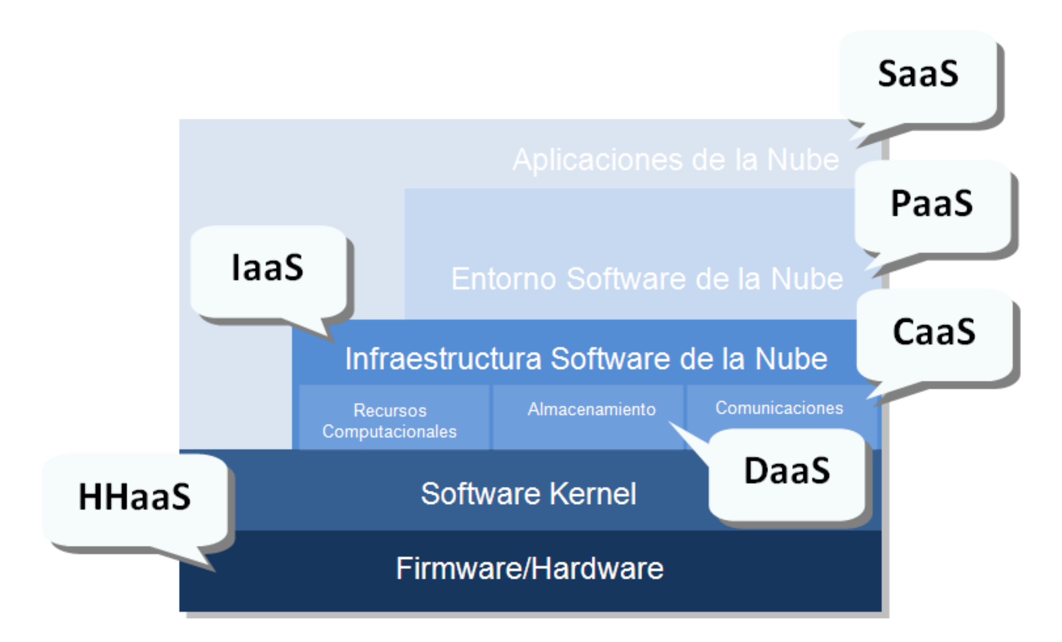
[425] No disponible, [Consulta: 14-10-2010].

Sino

> (…) un concepto, una comunión de ideas, como en su momento lo fue Web2.0, que engloba tanto nuevas tendencias como la evolución de servicios ya existentes.

La IEEE la define como:

> (…) un paradigma en el cuál la información está permanentemente almacenada en servidores en Internet y es cacheada temporalmente por los clientes que incluye desktops, móviles, monitores, sensores, portátiles, etc.



96. Clases de Computación en Nube.

Tanto *datos* como *procesos* ya no están en los equipos “locales” sino en la “nube”. Los sistemas locales son un simple accesorio con navegador/cuenta/internet para acceder y utilizar *servicios*[426] sin tener conocimientos expertos ni necesidad de controlar y configurar esas

[426] Visto como un conjunto integrado de *procesos*.

tecnologías o servicios. La figura anterior ilustra las clases de *computación en nube* que se describen a continuación.

SaaS (*Software As A Service*). Modelo de distribución de software donde una empresa sirve el mantenimiento, soporte y operación que usará el cliente durante el tiempo que haya contratado el servicio[427].

PaaS (*Platform As A Service*). Modelo en el que se ofrece todo lo necesario para soportar el ciclo de vida completo de construcción y puesta en marcha de aplicaciones y *servicios web* completamente disponibles en Internet. Da soporte directamente al software que corre en la nube con la infraestructura contratada por el cliente. No hay descarga de software que instalar en los equipos de los desarrolladores. PaaS ofrece múltiples servicios, todos, como una solución integral en la web. Ejemplos: Google App Engine[428].

IaaS (*Infrastructure As A Service*). Modelo de distribución de infraestructura de computación como un servicio (se suele considerar como la capa más inferior del modelo, incluyendo la capa HaaS o, como muestra la figura anterior, la zona intermedia de toda la arquitectura), normalmente mediante una plataforma de virtualización. En vez de adquirir servidores, espacio en un centro de datos o equipamiento de redes, los clientes compran todos estos recursos a un proveedor de servicios externo (*hosting*, capacidad de cómputo, mantenimiento y gestión de redes, etc.). Una diferencia fundamental con el hospedaje (*hosting*) virtual es que el aprovisionamiento de estos *servicios* se hace de manera integral a través de la *web*[429].

---

[427] Ejemplos: Salesforce, http://www.salesforce.com/es/, [Consulta: 15-10-2010] y Basecamp, http://www.basecamphq.com/, [Consulta: 15-10-2010].

[428] Google App Engine, http://code.google.com/intl/es-ES/appengine/, [Consulta: 15 -10-2010].

[429] Ejemplos: Amazon Web Services, http://aws.amazon.com/, [Consulta: 15-10-2010] y GoGrid, http://www.gogrid.com/, [Consulta: 15-10-2010].

DaaS (*Data Storage As A Service*). Almacén de datos como *servicio*. Proporciona la gestión y el mantenimiento completo de los datos del cliente. Trabaja al mismo nivel que IaaS.

CaaS (*Communication As A Service*). Provee el equipamiento de redes y la gestión de las comunicaciones como *servicio* (balance de carga, por ejemplo). Trabaja al mismo nivel que IaaS.

Software Kernel. Gestión de los *servidores* físicos a través del sistema operativo, software de virtualización, *middleware* de gestión de clústeres y de la *grid*, etc.

HaaS (*Hardware As A Service*). Gestión del hardware (elementos físicos de la nube) como *servicio*. Normalmente centros de datos gigantescos con todo tipo de máquinas que proporcionan cómputo, almacenamiento, catálogos, etc.

Otras tecnologías consideradas Cloud Computing son:

> **Web2.0**. Herramientas y aplicaciones como redes sociales, blogs, *wikis*, foros, etc.
>
> **Web Os** (sistemas operativos en la Web). Web Semántica o Web 3.0, etc.

Grid Computing. Evolución natural de la nube. Es una arquitectura de procesado en paralelo que permite compartir/distribuir los recursos de proceso de muchas máquinas a través de la red de manera tal que funcionen como un super-computador gigante[430]. Un ejemplo de ello es el Programa para la Búsqueda de Inteligencia Extraterrestre (SETI, Search for Extraterrestrial Intelligence). La Grid Computing, también se conoce como *Peer-to-peer Computing* (red punto a punto o P2P), *Utility Computing*, o simplemente *Distributed Computing*.

[430] Esta tecnología pone el tiempo ocioso de los procesadores en función de la solución de problemas computacionales enormes.

Las principales características de Cloud Computing provienen de las tecnologías que forman la *nube* y de las nuevas capacidades provenientes de la fusión de estos servicios:

Escalabilidad. El sistema trabaja de forma eficiente aumentando o disminuyendo el uso de recursos según demanda, de forma automática y transparente para el usuario.

Virtualización. El usuario puede hacer uso de la plataforma o entorno que desee, ya sea contratándolos o creándolos él y pasándoselas al servicio. Existe una total independencia entre datos y hardware; las aplicaciones corren en servidores y el acceso se suele realizar desde un navegador.

Calidad de Servicio. Se rige por un *acuerdo de nivel de servicio* (SLA, Service Level Agreement), que define varias políticas como: rendimiento, tiempos de acceso, capacidad de tráfico, picos de conexión soportados, etc. Calidad de servicio y escalabilidad están directamente relacionados; el sistema se encarga de gestionar los recursos según estos términos.

Accesibilidad. Debido a las propiedades anteriores la nube es accesible desde un amplio abanico de dispositivos.

Que datos y relaciones no estén en equipos privados, “locales”, ni dependan del *sistema operativo* en cuestión no es nada nuevo. Todo lo contrario, es anterior incluso de la aparición del primer ordenador personal, cuando era imprescindible conectarse a las *máquinas grandes*[431] a través de un terminal *tonto* (*dummy*). Desde un punto de vista estrictamente técnico no es exactamente lo mismo. La comunicación a Internet se realiza a través de algún módem ADSL o interfaz inalámbrica como poco. En lugar de un solo superordenador gigante se accede a muchos, de menor potencia, que interactúan entre sí para conseguir mayor funcionalidad y prestaciones, etc. Pero, desde un punto de vista funcional, sí. El navegador (*browser*) es una especie de versión superior del *XTerm*, y el PC un terminal avanzado respecto al *tonto* en términos multimedia.

---

[431] *Supercomputer*s, *mainframes*, *minicomputer*s, utilizadas principalmente por grandes organizaciones para aplicaciones críticas como el proceso de una enorme cantidad de datos.

Para entrar en Picasa[432], subir fotos y compartirlas con familiares y amigos en/desde cualquier lugar del mundo solo es necesario un navegador, acceso a Internet y una cuenta *gmail*. No se sabe dónde están, ni cómo son administradas, ni siquiera interesa; solo que sea posible verlas siempre que se quiera, desde cualquier ordenador y lugar del planeta, cambiarlas o establecer permisos y restricciones de uso (a quién se permite verlas, a quién descargarlas, etc.). Detrás de este *servicio*, puede haber mucho más de un ordenador (de diferente tecnología incluso) que valida la cuenta, sirve e interactúa con los usuarios. Incluso si toda esta tecnología cambia, mientras que el *servicio* se mantenga igual, no se notará ninguna diferencia. He ahí la importancia del paradigma de *programación orientada a servicios*.

No hay que instalar nada localmente, no ocupa espacio, no hay que preocuparse de averías o fallos, la mayoría de los *servicios* son gratuitos o de menor coste que desarrollarlos por cuenta propia y, lo más importante, son seguros[433]. Eso sí, la información queda en manos de terceras personas. El propio Richard Stallman, considerado padre del software libre, ha dicho al respecto: "(…) el Cloud Computing es una trampa"; pero no bajo determinadas condiciones legales y medidas de seguridad (respecto al acceso, uso, distribución, etc.) y no al libre albedrío.

Paradójicamente, con ordenadores cada vez más potentes, el uso de estos *servicios* solo requiere ordenadores cada vez más tontos (cierta capacidad multimedia y conexión a red) pero esto tiene su lado positivo y es que aumenta el abanico de dispositivos desde dónde acceder/utilizar a/los servicios. La *computación en nube* es una realidad y permite tanto a, usuarios como a empresas, mayor flexibilidad para ofrecer/consumir *servicios*. La interconexión de estas nubes permitirá crear/usar *servicios* cada vez más complejos de manera más simple y desde un mayor número de dispositivos, incrementar y compartir el patrimonio cultural, la democratización de la información, y así, un largo etcétera[434].

---

[432] Picasa, http://picasaweb.google.es/, [Consulta: 15-10-2010].

[433] Amazon ofrece un 99,95% de fiabilidad; tan solo 4,38 horas de caída al año.

[434] Por ejemplo, los servicios de Google: Scholar (enorme conjunto de artículos de interés educacional, científico...), Maps (mapas, callejeros, planificadores de rutas óptimas, páginas

Todo este entramado de *servicios* está influyendo notable y positivamente en la «sociedad de la información» en la medida en que facilitan su uso a menor complejidad y coste. Gracias a estas nubes los científicos pueden realizar cálculos en superordenadores de potencia ilimitada, un músico compartir sus creaciones, un cineasta sus películas, un escritor sus libros, narraciones o poesías, un grupo de amigos puede mantenerse en contacto, un conductor planificar su viaje de vacaciones, un turista reservar su itinerario de vacaciones, un amante de la cocina compartir una buena receta, un inventor sus ideas, una empresa mantener sus documentos a salvo, etcétera, etcétera, etcétera.

Esta plataforma es ideal para un enfoque transdisciplinar de la Restauración y podría aglutinar los esfuerzos de todas las instituciones, museos, centros de investigación, etc. No obligaría a seguir ningún protocolo acerca de *cómo* implementar los servidores locales sino que, a través de *interfaces*, permitiría el acceso a cualquier *servicio*. Servicios cuyo uso podría estar organizado, ordenado y controlado jerárquicamente, clasificado, etc.; una oportunidad encomiable para compartir catálogos de Restauración, esfuerzos, investigación, estrategias, etc.

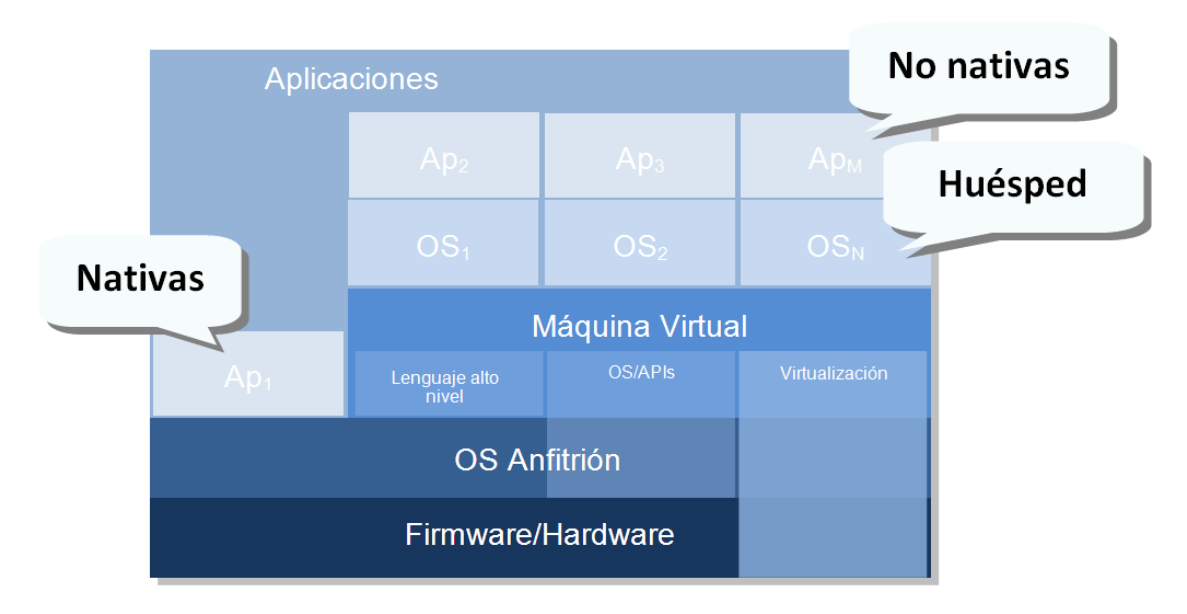
La *computación en nube* es una vuelta al futuro. Llegará el día en que, aquellos que lo deseen, puedan olvidarse de los *drivers*, las tediosas instalaciones, la enorme espera del arranque del *sistema operativo*, la gestión de su equipo informático y puedan concentrarse en lo que realmente les importa; ese día, por fin, la inmersión digital será una experiencia realmente placentera y fructífera. Se habrá conseguido que el procesador esté… del otro lado.

---

amarillas…), Books (biblioteca digital gigantezca…), Talk (comunicación, búsqueda de contactos…), Earth (visión tridimensional del planeta; navegación en cualquier parte del mundo, es posible entrar incluso a los museos y acercarse a las obras hasta el milímetro; señalización…), Youtube (probablemente la videoteca más grande del mundo), Blogger (diarios digitales, bitácoras, narraciones compartidos, periodismo...).

Virtualidad

El concepto de *máquina virtual* (VM, Virtual Machine) está asociado, normalmente, a la idea de compartir varios sistemas operativos en el mismo ordenador, o a la inversa, como ocurre en JAVA, que un mismo programa, puede *correr* en "cualquier" plataforma. La virtualidad supone una suplantación de la realidad mediante alguna interfaz; entendida como una capa de abstracción que *separa* el comportamiento del funcionamiento: lo que se cree de lo que realmente es[435]. La aplicación más exigida a una VM es la de correr un *sistema operativo invitado* o *huésped* y programas relacionados conjuntamente con otros programas, concurrentemente, realizados para un OS diferente; e incluso otros OSs, en un OS *anfitrión*. Por ejemplo, Linux/x86 como OS anfitrión y aplicaciones de MS Windows, o incluso diversas *instancias* del propio OS, sin necesidad de reiniciar.



97. Entorno de virtualización.

La figura anterior muestra el entorno de *virtualización* más común, basado en un único PC. La capa de más bajo nivel *firmware/hardware*

[435] García, Lino. La Máquina de la Virtualidad. *LINUX*+. 2009, Vol. 57, pp. 16-20.

constituye la *arquitectura*, *plataforma* o máquina *real*, por ejemplo x86. Sobre esta capa funciona el *software* sobre algún OS. La integración de la VM con estas dos capas inferiores depende del *nivel* al que funcione. La VM virtualiza los recursos hardware sobre los que funcionan los OS *invitados* o *huéspedes*.

Virtualización/Paravirtualización

La *virtualización* es un concepto muy relacionado con la *emulación*. En el corazón de la *virtualización* de los sistemas existe otra tecnología, VMM (Virtual Machine Monitor), que permite gestionar la virtualización: automatización basada en políticas, disco duro virtual, gestión del ciclo de vida, migración en caliente y asignación de recursos en tiempo real, etc. Básicamente, se puede decir que la VMM es una parte del código *firmware* de la VM que gestiona varios OSs o múltiples instancias de un mismo OS, a través de la *emulación* y de forma segura, en un único sistema informático físico. Su función es la de gestionar el procesador (o procesadores) del sistema, la memoria y otros recursos para asignar lo que cada OS requiere y aumentar su nivel de utilización.

Mientras que la virtualización se realiza por *software* la VMM emula el *hardware* necesario para el OS. Cuando la virtualización es asistida por hardware el OS tiene acceso directo a los recursos sin ningún tipo de emulación o modificación del OS. La virtualización asistida por hardware cambia el acceso al propio OS. Las extensiones de virtualización de los microprocesadores (x86, por ejemplo) ofrecen un nuevo conjunto de instrucciones para el control de la virtualización.

Los OSs ofrecen distintos niveles de acceso a los recursos, el llamado anillo de protección. Este anillo es un nivel jerárquico de privilegio dentro de la arquitectura de un sistema informático. La capa más privilegiada es normalmente la cero. El *Anillo 0*, no solo tiene más privilegios, sino que también es la capa que accede directamente al hardware del sistema. En la arquitectura tradicional x86, el núcleo del OS espera acceso directo a la CPU funcionando en el *Anillo 0*, que es el nivel de mayor privilegio.

Con la virtualización software, los OSs invitados no pueden correr en el *Anillo 0*; la VMM se encuentra allí. Los OSs invitados deben ejecutar en el *Anillo 1*, pero hay un truco: Algunas instrucciones x86 solo funcionan en el

Anillo 0, por lo que el OS debe ser recompilado para evitarlas. Este proceso se llama *paravirtualización* y no es práctico sobre todo si no se dispone del código fuente del OS. Para evitar esto, la VMM trampea y emula estas instrucciones, lo que, lamentablemente, se traduce en una enorme pérdida de rendimiento: Las VMs pueden ser significativamente más lentas de la física real.

La industria carece de apoyo para la *virtualización* a nivel de *hardware* y, en consecuencia, para aumentar las prestaciones de la VMM. La *virtualización* de las plataformas x86 se hace muy difícil debido a que la arquitectura del procesador x86 no cumple las normas de la *virtualización*. A partir de 2005 tanto AMD como Intel hicieron cambios en sus arquitecturas x86 y añadieron *extensiones de virtualización*.

Xeon. La tecnología de virtualización de Intel (Intel VT) es un conjunto de mejoras *hardware* a las plataformas *cliente*/*servidor* de Intel que ofrece soluciones de *virtualización* basadas en *software*. Intel VT es una plataforma que corre múltiples sistemas operativos y aplicaciones en particiones independientes, lo que permite que un sistema informático funcione como múltiples sistemas virtuales.

Opteron. AMD Virtualization (AMD-V), es la tecnología que implementa, en el procesador AMD Athlon 64 y Opteron a través de un nuevo conjunto de instrucciones, algunas de las tareas que las VMMs realizan por software mediante *emulación*. La tecnología de virtualización de AMD fue anunciada en 2004, bajo *Pacífica*, y los detalles técnicos de AMD fueron liberados a mediados de 2005.

Crusoe. Es una familia de microprocesadores compatibles x86 fabricados por *Transmeta*. Utiliza una capa de abstracción de software o VM, conocida como CMS, Code Morphing Software, y que se ejecuta en un núcleo VLIW, Very Long Instruction Word, (arquitectura de CPU que implementa una forma de *paralelismo* a nivel de instrucción). CMS es la única aplicación escrita para la arquitectura VLIW nativa, y traduce el flujo entrante de instrucciones x86 a instrucciones VLIW. En teoría, es posible modificar CMS para que maneje otros flujos de instrucciones (por ejemplo, para emular otros microprocesadores). La adición de una capa de abstracción entre el flujo de instrucciones x86 y el *hardware* permite que la arquitectura cambie sin romper la compatibilidad x86, simplemente modificando CMS. **Efficeon**,

la segunda generación del Crusoe, tiene un núcleo VLIW de 256 bits, mientras que el de la primera era un VLIW de 128 bits. Los Crusoe realizan mediante *software* algunas de las funciones clásicamente implementadas mediante *hardware*, como por ejemplo la reordenación de instrucciones. Esto resulta en un *hardware* más simple y con menos transistores. La relativa simplicidad del *hardware* hace que el Crusoe consuma menos energía (y por tanto disipe menos calor) que otros procesadores compatibles x86 que trabajan a la misma frecuencia de reloj.

Las tecnologías de virtualización de Intel y AMD consisten fundamentalmente en un puñado de nuevas instrucciones y un nuevo nivel de privilegio. El *hipervisor* (hypervisor) puede ahora correr en el *Anillo 1*, por lo que el anfitrión puede ejecutar sistemas operativos en el *Anillo 0*. No hay necesidad de paravirtualización, la VMM trabaja menos, y el rendimiento es mucho mayor. A pesar de ofrecer una funcionalidad similar ambas tecnologías de *virtualización* no son compatibles. Estas técnicas son colectivamente referenciadas como *tecnología de virtualización por hardware* (*hardware* VT o simplemente VT). Estas *extensiones de virtualización* para la arquitectura x86 sientan las bases para aprovechar al máximo la eficiencia y las capacidades de la virtualización software. El rendimiento de VT se evidencia con el aumento del número de VMs en un único sistema físico; además de que permite un mayor número de usuarios en las múltiples VMs. Esta es una tecnología relativamente nueva. No todo el *software de virtualización* aprovecha la tecnología de Intel y AMD, ni son compatibles con ambas. Sin embargo, es de esperar que los principales actores del mercado del *software de virtualización* apoyen la *virtualización* asistida por *hardware*.

También Sun, y sus socios tecnológicos (aJile, ARM, Fujitsu, inSilicon, JEDI, Mitsubishi Electric, Motorola, Patriot Scientific, Smart Network Devices, y Zucotto), trabaja en soluciones *hardware* para mejorar aún más el rendimiento, la utilización de la energía, o la funcionalidad del circuito integrado (*chip*) en los productos de consumo que utilizan la plataforma Java. Estas nuevas soluciones de semiconductores impulsan la adopción generalizada de la plataforma Java. Son varios los intentos de correr JAVA en harware *universal*:

TinyVM[436]. Es una JavaTM, de código abierto, basada en la sustitución del firmware para el microcontrolador RCX de Lego MindstormsTM. El RCX es un ladrillo programable de Lego que viene con Lego's Robotics Invention SystemTM; TINI (Tini Internet Interface) está a la vanguardia de los dispositivos que corren Java; permite acceder y controlar cualquier cosa a través de Internet, todo a través de Java. Se podría decir, incluso, que es el *servidor web* más pequeño del mundo, proporcionando un servlet con capacidad de *servidor web* en menos de 1 pulgada cúbica[437].

Sin embargo, la idea de reprogramar el *hardware* (en la que trabaja *Transmeta*) va más allá, lo que añadido a la necesidad que genera el nuevo paradigma de computación ubicua y el advenimiento de *hardware* reconfigurable[438] barato permite re-pensar la viabilidad de la construcción de VMs no solo para JAVA, sino incluso para LISP o Python; existe un proyecto en marcha cuyo objetivo es el desarrollo de la máquina virtual PyMite, controladores de dispositivo de alto nivel, bibliotecas y otras herramientas para ejecutar un importante subconjunto de los microcontroladores en lenguaje Python, sin un sistema operativo[439].

Estrategias de virtualización

En *Running multiple operating systems concurrently on an IA32 PC using virtualization techniques*, Nov 29, 1999, Kevin Lawton[440], y en *The*

---

[436] TinyVM, http://tinyvm.sourceforge.net/, [Consulta: 1-2-2010].

[437] TINI® Network Microcontrollers, http://www.maxim-ic.com/products/microcontrollers/tini/, [Consulta: 10-10-2010]. En el sitio no oficial de TINI también se encuentra disponible información muy valiosa, http://www.rawbw.com/~davidm/tini/index.html, [Consulta: 10-10-2010].

[438] Aquel donde la funcionalidad de las puertas lógicas y las conexiones entre ellas se puede personalizar en tiempo de ejecución.

[439] Python-on-a-Chip (p14p), http://code.google.com/p/python-on-a-chip/, [Consulta: 10-10-2010].

[440] Lawton, Kevin. *Running multiple operating systems concurrently on an IA32 PC using virtualization techniques*. 1999, Vol. 29, http://www.ece.cmu.edu/~ece845/sp05/docs/plex86.txt, [Consulta: 10-10-2010].

Reincarnation of Virtual, Jul 2004, Mendel Rosenblum[441], del departamento de ciencias en la Universidad de Stanford, cofundador de VMware en 1998, se describen los principales niveles o estrategias de virtualización aplicables (ordenados desde el nivel más alto hasta el más bajo):

Lenguaje de alto nivel. Se dice que es la *emulación* "pura" porque virtualiza la plataforma *hardware* completamente por *software*. En las VMs de lenguajes de alto nivel, la capa de *virtualización* se "sienta" como un programa de aplicación en la parte superior de un OS. La capa exporta una abstracción de la VM que puede ejecutar los programas escritos y compilados para la definición de máquina abstracta particular. En la VM corre cualquier programa escrito en lenguaje de alto nivel y compilado para ella. Smalltalk y Java son dos ejemplos de este tipo de VM. Son más portables a costa de peor rendimiento. Ejemplo: proyecto *bochs*[442].

OS/API. La capa de virtualización se sitúa entre el OS y los programas de aplicación que se ejecutan en el OS. La VM ejecuta aplicaciones, o conjuntos de aplicaciones, que están escritas para el OS virtualizado. La VM intercepta y emula el comportamiento de las APIs (Application Program Interfaces) del OS. Las aplicaciones generalmente corren en un espacio diferente al del OS, y se comunican con el a través de un conjunto de APIs. Las aplicaciones, en binario, pueden correr *nativamente* utilizando esta estrategia; lo que conlleva a un buen rendimiento. Como las APIs del OS son emuladas, el OS no es necesario; es gratificante no tener que comprar la licencia del OS. Ejemplo: proyectos Wine[443].

Hardware. Ésta es la definición original de la VM desde la década de 1960, incluida la tecnología más antigua como VM/370 sobre mainframes de IBM, así como tecnología de virtualización de VMware en máquinas basadas en x86. Los retos de la *virtualización hardware* están relacionados con su control e incluyen:

---

[441] Rosenblum, Mendel. *The Reincarnation of Virtual*. 2004, http://queue.acm.org/detail.cfm?id=1017000, [Consulta: 10-10-2010].

[442] bochs.com, http://www.bochs.com, [Consulta: 10-10-2010].

[443] Wine, http://www.winehq.org/, [Consulta: 10-10-2010].

Gestión de memoria. Modelo de segmentación, unidad de paginado, mecanismo de protección, etc. Virtualizar la memoria es, sin duda, la parte más difícil de la *paravirtualización* de una arquitectura (disminuye las penalizaciones al rendimiento, típicamente de un 2%, a un 8% en el peor caso; lo que contrasta con las soluciones de emulación que habitualmente sufren penalizaciones de un 20%), en términos de los mecanismos que requiere su gestión y de las modificaciones necesarias para portarlos al OS emulado.

Procesador. Protección, excepciones, llamadas al sistema, interrupciones, tiempo. La mayoría de las CPUs proveen solo dos niveles de privilegios (la arquitectura x86 hasta cuatro). En el contexto de múltiples OSs corriendo, no es posible que funcione todo el conjunto de instrucciones/particularidades de la CPU. La estrategia de virtualización más aceptada es la de permitir que el mayor conjunto de instrucciones compatible se ejecute en modo *nativo* ("transparentemente" a la capa virtual) y emular el comportamiento esperado del conjunto incompatible: *cuasi-emulación*.

Dispositivos de entrada salida. Red, disco, etc. Los entornos completamente virtualizados normalmente emulan los dispositivos hardware a diferencia de abstraerlos. Los dispositivos hardware (tarjetas de video, controladores de disco, temporizadores, etc.) están diseñados para ser controlados, exclusivamente por un manipulador.

La *virtualización* consigue bastante rendimiento nativo, la posibilidad de correr varios OSs x86 y la independencia de la publicación de APIs estándares, incluidas sus posibles extensiones. El número de VMs que pueden correr en un procesador depende de varios factores como la memoria física, el procesador, y la carga de trabajo que corre en el anfitrión. Ejemplos: proyecto Xen[444], Sun xVM VirtualBox[445], de Sun Microsystems (desarrollado originalmente por la empresa alemana Innotek GmbH), VMware[446] Inc., filial de EMC Corporation, KVM[447] (Kernel-based Virtual Machine).

---

[444] Xen, http://www.xen.org/, [Consulta: 10-10-2010].

[445] VirtualBox, http://www.virtualbox.org/, [Consulta: 10-10-2010].

[446] VMware, http://www.vmware.com/, [Consulta: 10-10-2010].

Opcodes y Bytecodes

La *virtualización* puede recibir códigos de operación de muy bajo nivel (*opcodes*, operation code) que genera un proceso de compilación o códigos de operación de alto nivel, *bytecodes*, que genera a su vez un proceso de interpretación o de compilación parcial. Un *opcode* es la porción de una instrucción de *lenguaje de máquina* que especifica la operación a realizar mientras que un *bytescode* es un *conjunto de instrucciones nativo* a la VM, creado para *correr* por software en vez de hardware (en una CPU).

JAVA, LISP y PYTHON son ejemplos donde las aplicaciones nativas corren en la VM en forma de programas pseudo-compilados o interpretados. Los interpretadores de *bytecodes* trabajan con tipos de datos y operaciones de más alto nivel, que el de un conjunto de instrucciones por *hardware*. En este caso es la VM emula el mismo comportamiento en plataformas *hardware* diferentes.

Jerarquías

Las VMs se diseñan para simplificar el proceso del control del *hardware* de un ordenador porque extienden y enmascaran su funcionalidad a través de procedimientos y datos abstractos. Este comportamiento establece una especie de jerarquía ordenada. PostScript, por ejemplo, es una VM que incluye el estado gráfico, la ruta actual, el estado del diccionario y, aunque sea bastante complejo, presenta una visión de alto nivel de muchos tipos distintos de impresoras, aislando las características de las impresoras de las aplicaciones que las usan.

Cuando se implementa un lenguaje de programación, las estructuras de datos y algoritmos que se utilizan en la ejecución de un programa[448] definen las VMs, implícitamente, para este lenguaje. Las decisiones que toma el desarrollador afectan tanto a la traducción como a la ejecución de los programas escritos en este lenguaje. Las VMs se distinguen entre sí en base a tres criterios:

---

[447] KVM, http://www.linux-kvm.org/page/Main_Page, [Consulta: 10-10-2010].

[448] La sintaxis y la semántica de cada estructura.

Concepción de la VM que tiene el desarrollador basada en la definición del lenguaje.

Facilidades disponibles en el hardware del ordenador.

Decisiones de implementación tomadas por el desarrollador.

Es posible escribir un *compilador* para traducir, o compilar, un programa escrito en un lenguaje de alto nivel directamente a *código máquina* (en el sentido de no depender de ninguna otra pieza en el sistema para producirlo), pero esta estrategia no es razonable debido a su alta dependencia con la tecnología (es imprescindible modificar el compilador para cada nueva CPU), y la pérdida de recursos que significa repetir el proceso de diseño y desarrollo, cuando ya se ha hecho lo mismo muchas veces antes para otros lenguajes para una máquina concreta.

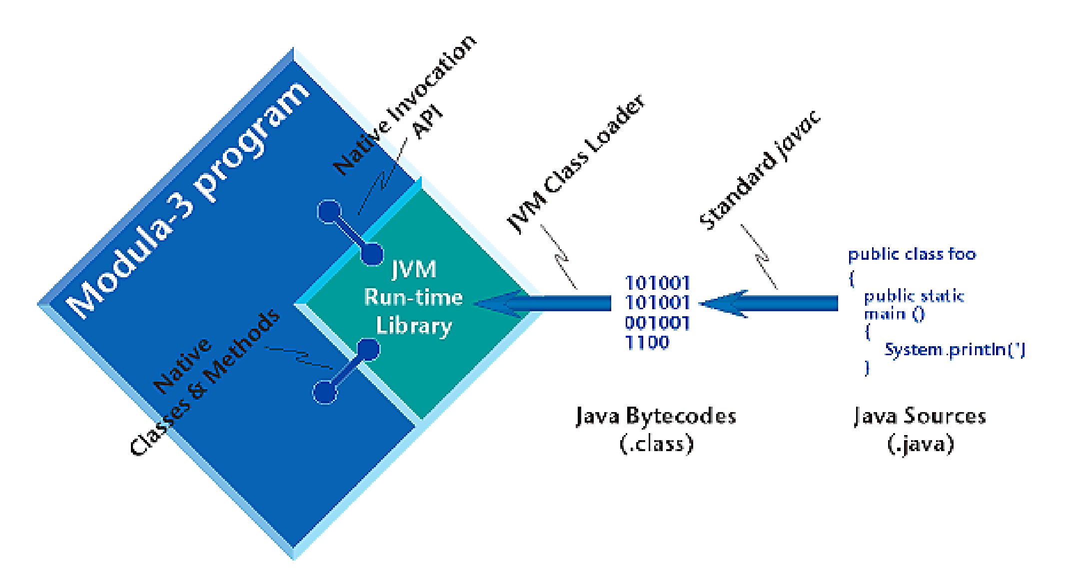
Los compiladores C, por ejemplo, llevan mucho tiempo en funcionamiento y son muy eficaces y estables. El *compilador* de algunos lenguajes, como C++ (al menos en las primeras versiones) tradujo el código fuente de C++ a C para poder luego usar el compilador C estándar. En general, solo se suele rediseñar un compilador nuevo desde cero cuando los ingenieros del lenguaje intentan alcanzar nuevos objetivos para ese lenguaje; en caso de que vayan más allá que el modelo funcional de los compiladores ya disponibles como, por ejemplo, como es el caso de Java.

La jerarquía de las VMs es prácticamente independiente del proceso que se siga para correr un programa en determinada plataforma: *compilación* o *interpretación*. Siguiendo el ejemplo de C++, un *pre-procesador* acepta el código C++ como fuente y produce otra versión del mismo código C++ con algunas extensiones e incorporaciones resueltas. A continuación el *traductor* convierte el código fuente C++ estándar a código fuente C. El *compilador* C acepta este código como fuente y lo traduce a código ensamblador, representación simbólica del código máquina. El *ensamblador* traduce este código simbólico a un código máquina reubicable. Y por fin, el cargador de librerías, *linker*, acepta este código máquina como entrada y produce un programa simple ejecutable, compuesto por el código máquina de entrada y todos los subprogramas necesarios con direcciones de memoria contiguas.

La *interpretación*, tiene más que ver con el papel de las VMs en el tiempo de ejecución que la compilación. La diferencia básica entre ambos procesos

es que la compilación se realiza *previa* a la ejecución de un programa mientras que la interpretación convierte cada instrucción del lenguaje de alto nivel a código de máquina, una a una, *durante* la ejecución. Este proceso se realiza a través de una VM de interpretación que simula un ordenador cuyo código máquina es el lenguaje de alto nivel que está siendo interpretado. Esta VM, típicamente, se construye a través de un conjunto de programas de código máquina que representa los algoritmos y estructuras de datos necesarios para la ejecución de las instrucciones del lenguaje de alto nivel.

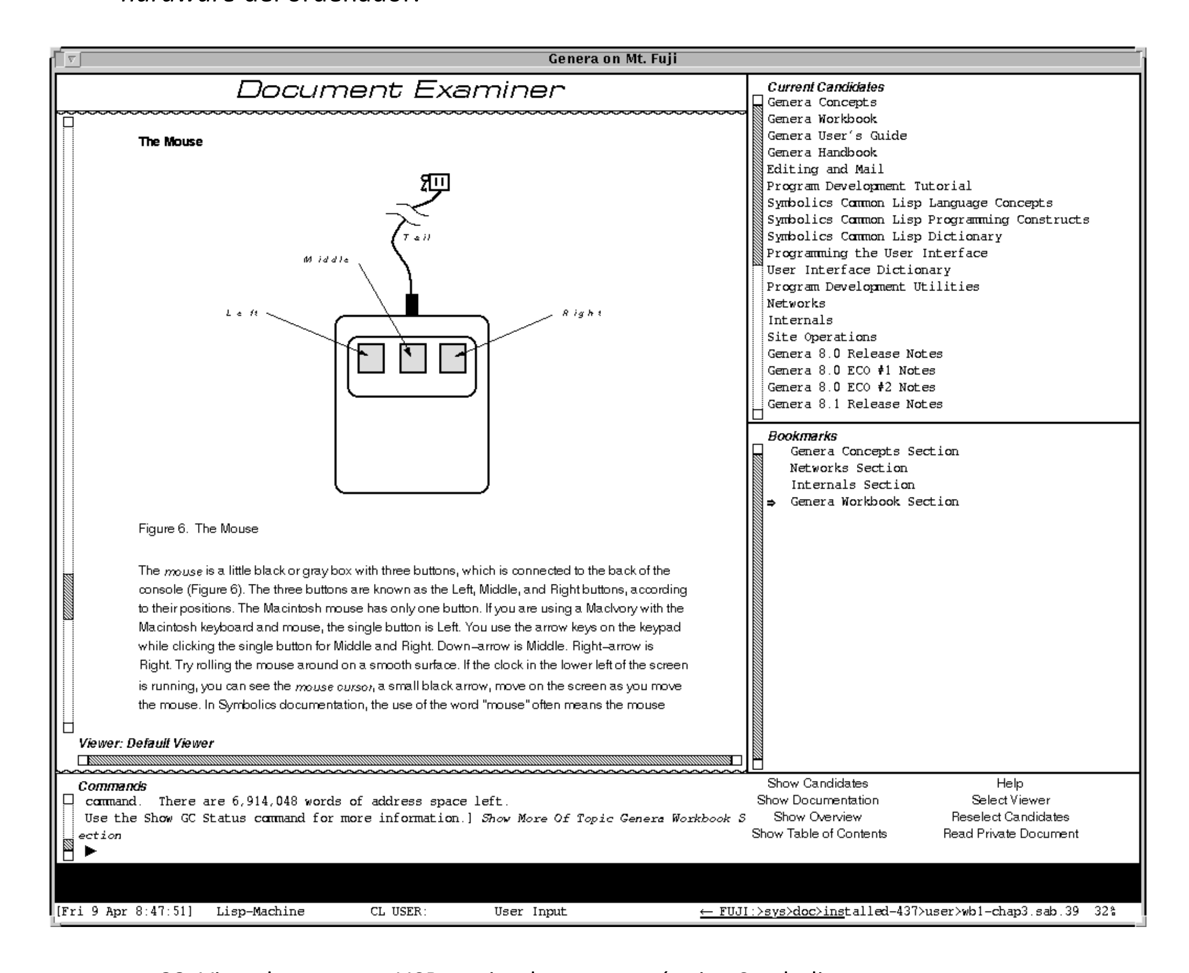
Se puede definir un *lenguaje intermedio* como una manera de representar procedimientos y estructuras de datos que sirva como entrada para una VM en alguna parte de su jerarquía, entre el lenguaje de entrada (el nivel más alto) y el código ejecutado en la máquina (el nivel más bajo); tanto en el tiempo de compilación como en el de ejecución.



98. JVM, Java Virtual Machine.

Cualquier aplicación *web* es un ejemplo de aplicación de estas jerarquías. Lo que se podría llamar una aplicación *web* (unas páginas *web* con elementos interactivos incrustados) está escrita en HTML, por ejemplo, y funciona sobre una VM, soportada por el navegador *web*, que a su vez está implementada en C o C++. Ésta corre sobre una VM compuesta por las

librerías de tiempo de ejecución que encapsulan el funcionamiento de los procedimientos (o métodos) y datos de navegador *web* que, a su vez, utilizan las funciones de la VM del OS implementadas en código máquina. Los programas que componen esta VM corren sobre el *firmware*, un conjunto de programas de micro-código que controlan directamente el *hardware* del ordenador.



99. Vista de procesos LISP corriendo en una máquina Symbolics.

La idea de Java, por ejemplo, de liberar al programador de las dificultades de portar su aplicación a nuevas plataformas requiere la desvinculación del programa a cualquier aspecto del OS. El código fuente de Java, como ilustra la figura anterior, se compila a *bytecodes* antes de ejecutarlo. Cuando corre el programa, este código, como lenguaje

intermedio, es el lenguaje de entrada para una VM, que con un conjunto de librerías (el entorno de ejecución de Java, Java Runtime o JRE), lo *interpreta* para su ejecución. Por lo tanto, estos *bytecodes* podrían correr en cualquier hardware donde haya una versión del JRE disponible. Como estos *bytecodes* están más cerca del nivel de máquina que de un lenguaje de alto nivel, los programas correrán mucho más rápido que los programas completamente interpretados, y más despacio que los programas previamente compilados al código máquina.

Tanto los programas compilados parcialmente a un lenguaje intermedio, como Java, como los programas escritos en lenguajes de alto nivel que se interpretan, como Lisp, requieren una VM para interpretar el programa.

Maquinaria Virtual

Suponga que exista una maquinaria virtual (VMT, Virtual Machinery Technology) como una extensión de la VMs a aplicaciones distribuidas con múltiples procesadores. La VMT sería, en este caso, una capa de abstracción que *separa* el comportamiento de un *sistema complejo* de su funcionamiento. Un sistema complejo está compuesto por múltiples procesadores interconectados con un gran número de entidades autónomas y heterogéneas que colaboran entre sí para conseguir determinado objetivo[449]. Cada elemento interactúa con el resto, directa o indirectamente, y estas interacciones afectan a otros elementos dando lugar a patrones de comportamiento del sistema global, difíciles de deducir, ni inferir, en función de la estructura y comportamiento de las partes componentes.

Estos conceptos son importantes para la creación de sistemas con una metodología sólida con capacidad de auto-adaptación y evolución cada vez más independiente de la tecnología. La *obsolescencia tecnológica*, el abaratamiento de la tecnología, la dotación masiva de *inteligencia* a todos los objetos del entorno en que vivimos, e incluso la propia necesidad que se genera de todo, exige una reorientación de la industria a este nuevo paradigma donde es fundamental, el uso de software libre, el *copyleft* y, por lo tanto, Linux.

---

[449] Las partes constituyen bloques de construcción básicos: componentes, agentes, procesos, etc. Véase el apartado Sistemas Complejos en Anexo B – Tecnologías.

Por mucho que algunos fabricantes de software generen versiones para los sistemas operativos más populares, es muy difícil recopilar todas las aplicaciones que rquiere una aplicación en la misma plataforma y conciliar los requerimientos de HW/SW. ¿Qué hacer si se quiere correr algún programa gratuito de Linux en un MacBook Pro de Apple? ¿Qué hacer para utilizar alguna aplicación de WindowsXP, por ejemplo la soberbia máquina de síntesis de sonido Reason de Propeller Head, en Linux? o probar un programa, o realizar pruebas en otro sistema operativo distinto al instalado. La única manera de evitar múltiples ordenadores, cada uno con determinadas aplicaciones, es mediante una máquina virtual. La capacidad de aprovechar al máximo el *hardware* disponible ofrece una gran cantidad de posibilidades no solo a nivel doméstico si no también a nivel empresarial.

En el observatorio tecnológico del Ministerio de Educación, Política Social y Deporte, se referencian algunas de las utilidades del *software de virtualización*[450].

> **Consolidación de servidores**. Convertir muchos servidores físicos en virtuales. De este modo se aprovecha el *hardware* disponible de la mejor manera posible.
>
> **Recuperación ante desastres**. Las VMs se pueden salvar muy fácilmente (la propia VM no es más que un fichero de configuración), y además su estado se puede almacenar, por lo que en caso de desastre se puede recuperar la información con rapidez.
>
> **Pruebas de aplicaciones**. En muchas ocasiones se necesita un entorno limpio para probar una aplicación. Usar una VM permite instalar un OS desde cero, probar la aplicación y luego eliminar la máquina.
>
> **Ejecución de entornos completos sin instalación ni configuración**. La posibilidad de descargar VMs desde Internet permite ahorrar tiempo en instalaciones y configuraciones. Existen muchas VMs con servidores LAMP (Linux, Apache, mySQL y PHP) completos listos para ser usados, máquinas

---

[450] Pérez Lobato, Montserrat. *Introducción a las máquinas virtuales*, Instituto de Tecnologías Educativas del Ministerio de Educación, Política Social y Deportes, Junio 2007. Disponible en: http://observatorio.cnice.mec.es/modules.php?op=modload&name=News&file=article&sid=462, [Consulta: 10-10-2010].

con gestores de contenidos, wikis, etc., gratuitos y funcionales desde el primer momento.

Aplicaciones portátiles. Con el uso de las VMs se pueden tener PCs completos listos para usar en dispositivos USB, lo que puede ser de mucha utilidad para tener un entorno privado y usarlo en cualquier PC.

En el mismo enlace se muestra una tabla comparativa de tres productos de virtualización (VirtualBox, VMWare Server y Virtual PC 2007) muy completa en cuanto a facilidad de instalación, OSs anfitriones soportados, OSs invitados soportados, soporte para USB, facilidad de creación de VMs, existencia de VMs disponibles en Internet, integración con el OS anfitrión (pantalla, carpetas compartidas, drag&drop), capacidad de importar máquinas creadas con otras herramientas y rendimiento.

Palabras como *virtualización*, *paravirtualización*, *virtualiza*, no existen en el diccionario de la RAE; sin embargo, en el mundo informático son tan frecuentes que me tomo la licencia de utilizarlas. Desde otro punto de vista, se observa que la abstracción de la tecnología mediante una capa con doble interfaz es una aplicación del *modelo de interconexión de sistemas abiertos* OSI. La máquina/maquinaria debe mantener sus interfaces hacia arriba (aplicación invitada) y hacia abajo (software, OS/API, *hardware*; en dependencia del nivel de la estrategia de virtualización). En este sentido la supervivencia de la VM depende de conservar *qué* hace y no de *cómo* lo hace y el aumento de sus prestaciones del *cómo* lo hace en lugar del *qué* hace. Estas tecnologías siempre han estado y, probablemente, sean las de mayor utilidad para el desarrollo de *sistemas complejos*, para integrar las nuevas tecnologías en los viejos sistemas sin necesidad de procesos de rediseño, reprogramación, etc. enormes y costosos. Como apunta Rosembum: “la tecnología de máquina virtual a nivel hardware existe desde hace más de 40 años”. Vale la pena mirar al pasado para aprender algunas lecciones para el futuro.

Lenguajes, Lenguas y Dialectos

Case Reas y Ben Fry, en su libro[451] "Processing. A Programming Handbook for Visual Designers and Artists" sugieren que:

> Como los lenguajes humanos, los lenguajes de programación pueden ser agrupados en conjuntos relacionados.

Esta conexión podría insinuar una conexión más fuerte, pero no es así. El desarrollo de los lenguajes de programación nada o poco tiene que ver con sus parientes humanos. De hecho, los lenguajes de programación se parecen mucho más entre sí, son muchos menos y, se puede decir sin herrar demasiado, que tienen casi las mismas raíces; a diferencias de las lenguas. Se estima que, en las casi 200 naciones del globo, se hablan más de 5000 lenguas y 41000 dialectos mientras que existen solo unos cientos lenguajes de programación diferentes producidos por menos de una cuarta parte de todas las naciones.

Según la Wikipedia un lenguaje de programación[452]:

> Está formado por un conjunto de símbolos y reglas sintácticas y semánticas que definen su estructura y el significado de sus elementos y expresiones, y es utilizado para controlar el comportamiento físico y lógico de una máquina.

Mucho han cambiado las cosas desde que IBM lanzó el primer ordenador personal el 12 de agosto de 1981 pero, probablemente, el cambio de mayor impacto en todo este tiempo es que, debido al acelerado desarrollo de la electrónica, las comunicaciones y la informática (lo que hoy se da en llamar TIC, Tecnologías de la Información y Comunicaciones), ha puesto en manos de cualquier ciudadano de a pie, el ordenador distribuido más potente del mundo: Internet. Cualquier ordenador tiene varios Giga hertzios de

---

[451] Reas, Case and Fry, Ben. *Processing. A Programming Handbook for Visual Designers and Artists*. The MIT Press, 2007.

[452] Lenguaje de Programación, http://es.wikipedia.org/wiki/Lenguaje_de_programaci%C3%B3n, [Consulta: 10-10-2010].

frecuencia en su reloj, o varios procesadores pero incluso, cuando ni aún así es suficiente, siempre podremos contar con miles, incluso millones, de ordenadores distribuidos por todo el mundo, dispuestos a compartir algún tiempo de proceso y garantizar la potencia de proceso requerida.

En el año 2004, O'Reilly diseñó un poster genial de la historia de los lenguajes de programación, donde muestra 50 años «dorados», desde 1954 hasta 2004, en el ámbito de la programación[453]. Por supuesto, no están todos los lenguajes de programación que existen sino solo los más importantes; sin embargo, lo más interesante de este poster, es que muestra las derivaciones de los distintos lenguajes para crear otros. Por ejemplo, C#, se basa en C++ y Java2. C++, a su vez, se basa en C y Simula que, a su vez, vienen del Algol que proviene de Fortran y Fortran… es el primer lenguaje de programación de alto nivel. Esta evolución evidencia las grandes similitudes de la mayoría de los lenguajes entre sí.

Los lenguajes se pueden relacionar en conjuntos según su nivel de abstracción, entorno de desarrollo, forma de ejecución o paradigma de programación.

El *nivel de abstracción* está relacionado con la capacidad del lenguaje de ocultar los detalles del ordenador. Los lenguajes de alto nivel están formados por elementos de lenguajes naturales, como el inglés. Sin embargo los lenguajes de bajo nivel interactúan con todas las especificidades del procesador (registros, operaciones, etc.). Las instrucciones del lenguaje de máquina son cadenas binarias (0 y 1) directamente legibles por la máquina (procesador) o completamente incomprensibles (o intratables) para cualquier ser humano[454].

Según el *entorno de desarrollo* los lenguajes pueden ser textuales o visuales. El conjunto de símbolos y reglas sintácticas y semánticas que

---

[453] History of Programming Languages, O'Reilly; http://oreilly.com/news/graphics/prog_lang_poster.pdf, [Consulta:-10-2010].

[454] Es importante tener en cuenta que todos los lenguajes operan, finalmente, a nivel de código de máquina. La función última del compilador o intérprete es la conversión a lenguaje de máquina.

definen un lenguaje normalmente se escriben, son texto. Sin embargo, los entornos visuales pretenden ayudar a aquellos programadores que piensan espacialmente y prefieren organizar sus pensamientos como relaciones visuales entre elementos.

Según la *forma de ejecución* los lenguajes pueden ser *compilados* o *interpretados*. El *compilador* es un programa que traduce el código escrito con determinado nivel de abstracción a código de máquina. Sin embargo los lenguajes interpretados no son compilados sino *interpretados* por otro programa mientras corre. Los lenguajes compilados son más rápidos mientras los programas interpretados pueden ser modificados mientras *corren*. El refinamiento de tal *intérprete* ha derivado en *máquina virtual*. El lenguaje es pseudo compilado a un código intermedio (*byte code*) que *corre* en la *máquina virtual*. Esta técnica facilita la portabilidad del código entre las diferentes arquitecturas o *hardware*.

Según el *paradigma de programación*[455] los lenguajes pueden ser *imperativos* o *procedimentales* (es considerado el más común y está representado, por ejemplo, por el C o por BASIC); *funcionales* (expresivos y matemáticamente elegantes. Por ejemplo LISP); *lógicos* (cuya característica principal es la aplicación de las reglas de la lógica para inferir conclusiones a partir de datos. Por ejemplo PROLOG); u *orientado a objetos* (este paradigma usa objetos y sus interacciones. Está basado en varias técnicas, incluyendo herencia, modularidad, polimorfismo y encapsulamiento. Un lenguaje completamente orientado a objetos es Smalltalk). Si bien puede seleccionarse la forma pura de estos paradigmas a la hora de programar, en la práctica lo habitual es que se mezclen, dando lugar a la programación *multiparadigma*.

Ante el desafío de la realización de un proyecto una de las preguntas necesarias, tarde o temprano, es, cuál es el lenguaje adecuado. La respuesta no es fácil y depende de muchos factores. Según se baja el nivel de abstracción los programas serán más específicos y difíciles de mantener. Según el grupo de desarrollo dependerá el entorno (y con ello las herramientas de trabajo). ¿Compilado? o ¿interpretado? Los lenguajes

[455] Un paradigma de programación representa un enfoque particular o filosofía para la construcción del software.

interpretados son más adecuados para pruebas rápidas. Sin embargo, si se quiere toda la eficiencia, será necesario algún lenguaje compilado. Por último, cuál paradigma será el más adecuado. La respuesta es: según el problema. Lo que podría conducir a alguna conclusión del estilo: Hay casi tantos lenguajes como problemas; e incluso, si el problema es muy complejo probablemente se necesite del uso de más de un lenguaje para abordarlo. Sin embargo la respuesta no es tan simple y es necesario agregar algunas variables más.

Reusabilidad. Un lenguaje se hace potente en la medida que crece; propiedad que finalmente se puede traducir en un buen soporte (muchas funciones y mucha gente *detrás* resolviendo problemas). Las funciones se agrupan en *librerías* o *bibliotecas* de funciones. Su *potencia* depende de quién las mantenga y desarrolle (los proyectos de software libre son mantenidos por un mayor número de personas sin presiones comerciales). Su *interacción* con el lenguaje depende de la tecnología software (incrustada junto con el código, dinámicamente, distribuido, etc.). Desde este punto de vista ¿se podría considerar C# se puede considerar un C++ bien soportado?

Disponibilidad. Relacionada con el entorno (arquitectura HW/SW). Los lenguajes, y sus respectivos compiladores o intérpretes, están disponibles para determinados entornos con, posiblemente, ciertas restricciones de uso. Aún cuando, presuntamente, el lenguaje más adecuado para nuestro problema sea X, la indisponibilidad de las herramientas de desarrollo para el entorno seleccionado será motivo suficiente de rechazo. La disponibilidad se puede ver igualmente al revés. Suponga que el entorno de trabajo es un navegador *web*; la aplicación será utilizada vía HTTP. El lenguaje de desarrollo estará limitado por los lenguajes implementados por el navegador (y lo utilizo en modo genérico porque unos a otros convergen en la medida en que se hacen compatibles). De nada vale que sea más adecuado programarlo en LISP si luego no es posible encontrar algún navegador que me permita incorporar un intérprete LISP o, lo que es más grave, si el navegador que utiliza la mayoría de los clientes, no lo tiene.

Durabilidad. El propio poster de O'Reilly muestra el ciclo de vida completo de los lenguajes que referencia (al menos hasta el 2004). Es fácil ver cómo muchos se convierten en otros y mueren. ¿Qué pasa si la aplicación que quiero desarrollar simplemente ponga a prueba el paso del tiempo? ¿Qué pasa con aquellas aplicaciones que *duran*? ¿Cómo elegir un

lenguaje *duradero*? Por muchos lenguajes que existan pocos han resistido al paso del tiempo. Un buen ejemplo de ello es el lenguaje C. De hecho, se podría hacer en C absolutamente todo lo que en C++ con muy poco esfuerzo. ¿Qué es lo que ha hecho a C tan resistente? Probablemente la conjunción de un buen diseño del lenguaje, la gran disponibilidad de herramientas y librerías y una buena desconexión del lenguaje con la entrada/salida.

Algunos piensan que los lenguajes son necesarios para garantizar la variedad y probablemente tengan algo de razón; pero los lenguajes no son lenguas, ni razas, ni sociedad, sino instrumentos para *programar* los procesadores de propósitos generales y garantizar determinado funcionamiento. Se sacará mayor rendimiento a un lenguaje con un dominio perfecto de su sintaxis, reutilizando códigos y fortaleciéndolo.

Suponga por un momento que se dispone de las herramientas necesarias, para cualquier entorno; para elegir *libremente* el lenguaje adecuado. Suponga que es posible dividir en tres el nivel de abstracción de las aplicaciones; algo así como bajo, medio y alto. El nivel bajo requiere de un control absoluto del hardware, traducible en código máquina (lenguaje ensamblador) o C, que permitirá hacer el mismo trabajo (incluso incluir partes del código críticos en lenguaje ensamblador) con un nivel de abstracción mayor. Para nivel medio el C sería también un excelente candidato, incluso si se desea emplear el paradigma orientado a objetos pero C no es interpretado. Para muy alto nivel LISP sería el lenguaje mas recomendable, con cierto solapamiento con C.

LISP es un lenguaje funcional[456] y multiparadigma de alto nivel; es un lenguaje simbólico[457] de procesamiento de listas (LISt Procesing) muy flexible: utiliza la misma estructura para datos y código (una de las características de LISP es la posibilidad de tratar las propias funciones como datos[458]) y paso de funciones como parámetro (reusabilidad); es un lenguaje

---

[456] Utiliza las propiedades matemáticas de las funciones.

[457] Utiliza el símbolo como unidad fundamental.

[458] 50 años después resulta que es posible considerar XML, tan de moda para el intercambio de datos entre aplicaciones y en arquitecturas orientadas a servicios, como una versión LISP

autodefininible (entorno a la medida) con un mecanismo de manejo de memoria automático (que libera el espacio utilizado por los objetos que dejan de ser necesitados, lo que se conoce habitualmente como *garbage collector*), que no tiene tipos estáticos, sino que asocia los tipos a los valores en vez que a las variables. LISP es eminentemente recursivo (definiciones muy claras y concisas), interpretado (para el desarrollo rápido de prototipos) o compilado y compacto: funcional + recursivo + listas.

Inclusive la arquitectura de LISP (implementada normalmente en C) permite verlo como una máquina virtual susceptible de correr en entornos de bajo nivel de abstracción. Como se ha supuesto una buena reusabilidad se da por hecho un buen soporte para todo tipo de aplicaciones: *web*, SOA, imagen y sonido, compiladores, procesadores de texto, entornos multiplataforma, matemáticas, etc. y, lo que es más importante, un buen soporte de la comunidad de software libre.

La diversificación de los leguajes de programación es necesaria en la medida que introduzca nuevos paradigmas, debilite la dependencia con los *sistemas operativos* (potencie multiprocesamiento, distribución y con ello la generalización de entornos de operación), y otras muchas razones pero no para copiarse sintaxis, imponer determinados usos o tecnologías por razones comerciales, con la excusa de facilitar el trabajo del programador, etcétera. Muchos de los lenguajes más antiguos (como LISP y C) siguen siendo igual de potentes y útiles, y poco o nada tienen que envidiar a los últimos de moda; sin embargo la diversificación de los entornos o herramientas no es tan considerada como la de los lenguajes. Si los lenguajes se considerasen como criaturas y los entornos… vitales, es fácil establecer la conexión. Desde ese punto de vista, potenciando el entorno, probablemente en el poster de O'Reilly, 50 años después, las flechas serían más largas y menos conectadas entre sí. Sin embargo la naturaleza sigue su curso. ¿Cuál será la próxima bestia?

---

redundante de definición de datos y con alguna alteración en la sintaxis; sustituyendo los paréntesis () por menor/mayor <>.

Computación Híbrida

El término *computación híbrida* no es demasiado afortunado[459]. En el ámbito del diseño HW/SW parece una obviedad. Está claro que los sistemas son una combinación de ambos componentes HW/SW donde el primero actúa como un soporte material programable o reconfigurable y el segundo define los procesos intangibles que gestionarán determinada información o datos para conseguir determinados resultados. En este caso se da por hecho que la *hibridación* se produce siempre en el dominio digital; sin embargo, las *computadoras hibridas* son una combinación entre las computadoras analógicas y las digitales; se desarrollaron para complementar la flexibilidad de las computadoras digitales con la velocidad de las computadoras analógicas y se utilizan sobre todo para el control de procesos y robótica, muy rara vez fuera del entorno universitario o de investigación.

El mundo real es analógico, pero la interacción y control del hombre sobre esta realidad, desde hace ya mucho y por ahora, es digital (quizá en un futuro haya un retorno a la computación analógica pero eso está por ver). Los sistemas son cada vez más complejos porque el mundo real, en "realidad", siempre ha sido y será mucho más complejo de lo que consideramos. Se requieren muy diversas interfaces para capturar y gestionar esta riqueza y una gran potencia de cálculo para procesarlas.

Cuando se plantea el diseño de un sistema de este tipo la primera pregunta que surge es: qué se puede y debe hacer por *hardware* y qué por *software*. Esta interrogación es válida incluso cuando toda la información es digital por naturaleza. La respuesta claramente dependerá de qué se quiera y habitualmente estará en función de un conjunto de variables en relación de compromiso como coste, rendimiento, prestaciones, velocidad, tamaño, etc.

Un ejemplo que pone de manifiesto una contradicción de la *computación híbrida* es la actual guerra de Apple y Adobe en torno al desarrollo de aplicaciones para iPhone e iPad. Resumiendo, porque el tema es muy complejo: Adobe ataca a Apple porque ni el iPhone ni el nuevo iPad

---

[459] García, Lino. Computación Híbrida: Co-diseño Hardware-Software. *LINUX*+. 2010, Vol. 68, pp. 10-15. Disponible en: http://lpmagazine.org/es/, [Consulta: 22-12-2010].

soportan Flash, y lanza una campaña virulenta contra los productos de la manzana. Apple contraataca con una carta abierta en la que critica duramente a Adobe y asegura que sus productos no necesitan esta tecnología, que considera obsoleta. El propio Steve Jobs asegura que Flash se queda corto tanto en tecnología como en seguridad y anima a los desarrolladores a crear alternativas para el ecosistema de Apple:

> La era móvil va de dispositivos de baja potencia, pantallas táctiles y estándares abiertos para la web, todas ellas áreas donde Flash se queda corto.

Y es que Flash, el producto de Adobe, utiliza el códec de vídeo H.264 por *software* en lugar de por *hardware* lo que acaba con la batería de estos dispositivos portátiles en mucho menos tiempo de lo esperable, ya no de lo deseable. Lo que hay detrás de esta guerra no es simplemente un problema de diseño técnico. La solución de Jobs para esta "era móvil" pasa por el diseño de un coprocesador que garantice bajo consumo, fiabilidad y paralelismo simultáneamente.

Un diseño híbrido adecuado de Flash debería utilizar su códec *software* solo cuando no exista una alternativa *hardware*[460] pero no existe estándar ni voluntad entre las grandes industrias para solucionarlo en aras de mejores prestaciones para el consumidor. Lo que hay en juego es mucho más que esto: más del 75% de los videos en Internet se ven a través de Flash (*software* instalado en el 98% de los ordenadores a nivel mundial y presente en más de 800 millones de dispositivos móviles fabricados por 19 de los 20 primeros fabricantes donde, por supuesto, el vigésimo es Apple). Prueba de esto es que *Universal* y *Time Warner* se posicionan a favor de Adobe y comunican que no tienen intención de convertir sus colecciones a H.264 porque no es económicamente viable con Flash dominando la web.

---

[460] Un ejemplo de solución adecuado se produjo con la introducción del co-procesador aritmético de Intel. Los primeros ordenadores (de la familia x86) disponían de un limitado conjunto de instrucciones aritméticas para cálculos complejos. Por ello Intel introdujo el co-procesador aritmético: un *chip* opcional que dotaba al PC de capacidad de aritmética en como flotante (lo cual resultaba muy adecuado para reducir los tiempos de ejecución en programas que requerían una alta capacidad de cálculo numérico como AutoCAD). Los compiladores sin embargo producían códigos que emulaban al co-procesador aritmético solo cuando no estuviera presente y utilizaban su código nativo en caso contrario.

Esto es precisamente lo que se considera en este ámbito *computación híbrida*; aquella relacionada con el diseño de sistemas complejos eficientes, con la toma de decisiones acerca de computación HW/SW, con los criterios que condicionan las respuestas. Un *sistema híbrido* consiste de *hardware* (ya sea analógico, digital o mixto) no solo para interactuar con el mundo real, sino también para satisfacer determinados requerimientos de tiempo real, y de *software*, a distintos niveles de *virtualidad* y *paralelismo*. Un *sistema de computación híbrido* es un sistema complejo *a medida* que combina todos los recursos que necesita para obtener el mejor rendimiento, prestaciones, seguridad, robustez, etc. En este sentido se puede pensar en un *sistema integrado*, *multiprocesador* (que involucra *microcontroladores*, *microprocesadores* y *procesadores digitales de señal*), que combina *hardware* general con especializado y, mucho más allá, en sistemas reconfigurables que se adaptan o "programan" para realizar determinadas funciones.

Según la Wiki[461]:

> Ingeniería de sistemas es un modo de enfoque interdisciplinario que permite estudiar y comprender la realidad, con el propósito de implementar u optimizar *sistemas complejos*. Puede verse como la *aplicación tecnológica de la teoría de sistemas* a los esfuerzos de la ingeniería, adoptando en todo este trabajo el paradigma sistémico.

Esta definición podría valer perfectamente para las reflexiones en torno a la tecnología en el arte digital. Sin embargo:

> Una de las principales diferencias de la ingeniería de sistemas respecto a otras disciplinas de ingeniería tradicionales, consiste en que la ingeniería de sistemas no construye productos tangibles. Mientras que los ingenieros civiles podrían diseñar edificios o puentes, los ingenieros electrónicos podrían diseñar circuitos, los ingenieros de sistemas tratan con *sistemas abstractos* con ayuda de las metodologías de la ciencia de sistemas, y confían además en otras disciplinas para diseñar y entregar los productos tangibles que son la realización de esos sistemas.

---

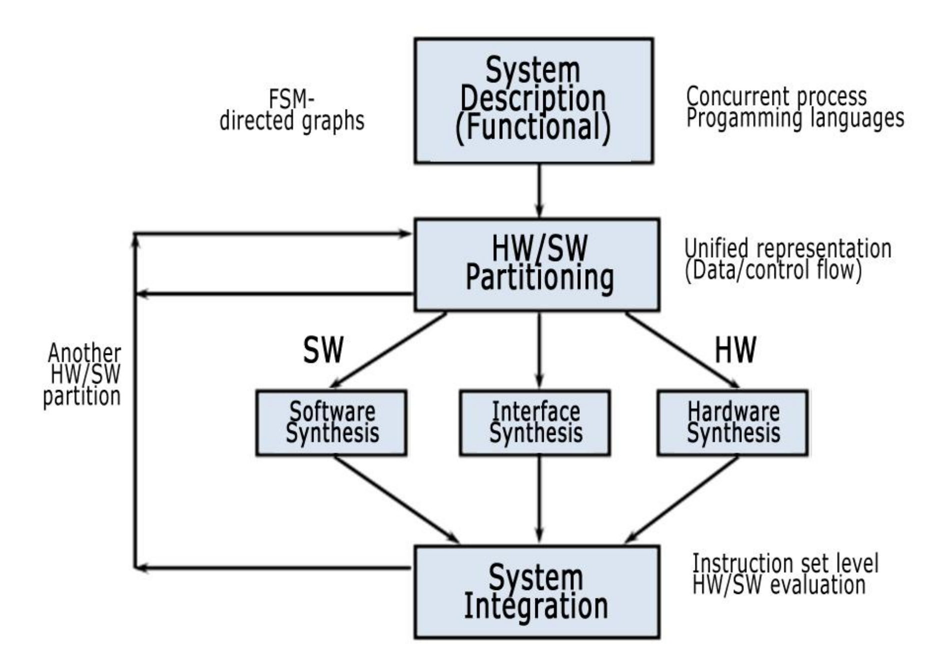
[461] Ingeniería de Sistemas, http://es.wikipedia.org/wiki/Ingeniería_de_sistemas, [Consulta: 10-10-2010].

En este ámbito compartimentado, aunque con una interrelación transdisciplinaria, la *ingeniería del hardware* (término poco consolidado) agrupa un conjunto de áreas del conocimiento como electrónica, circuitos (analógicos y digitales), arquitecturas de procesamiento, etc. mientras que la *ingeniería del software* ofrece métodos y técnicas para desarrollar y mantener software de calidad. Sin embargo, desde el paradigma de la complejidad la *ingeniería de sistemas* debería superar su capacidad de abstracción y constituirse como una disciplina que ofrezca, como cualquier otra ingeniería, soluciones tangibles. Este enfoque moderno de diseño de sistemas se relaciona directamente con los *sistemas integrados* y presenta el diseño HW/SW de manera *unificada*, por lo que se utiliza el término *co-diseño*. El libro *Embedded System Design: A Unified Hardware/Software Introduction*, de Frank Vahid y Tony D. Givargis[462], por ejemplo, introduce el diseño y uso de procesadores de propósito-específico (*hardware*), *coprocesadores* o *aceleradores*; de procesadores de propósito general (*software*); de procesadores de conjunto de instrucciones específicos a aplicación (ASIP, Application-Specific Instruction-Set Processor) y diserta acerca de modelos de computación avanzada, sistemas de control, tecnologías de dispositivos electrónicos y herramientas de diseño modernas. Hardware y Software, simplemente, ya no pueden ser considerados independientemente sino de manera *híbrida* y *unificada*. La *ingeniería de sistemas*, como *paradigma de la computación híbrida* ni siquiera se estudia como tal en las universidades salvo contadas excepciones[463].

---

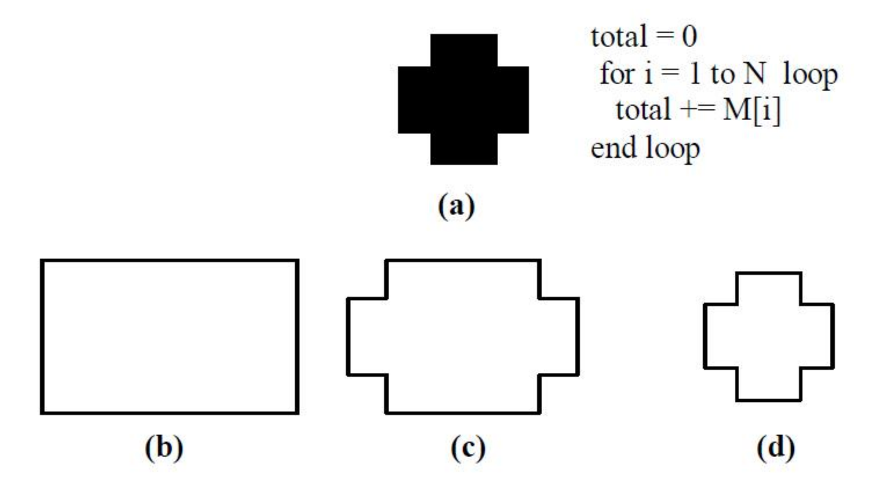
[462] Vahid, Frank and Givargis, Tony. *Embedded System Design: A Unified Hardware/Software Approach*, Department of Computer Science and Engineering, University of California, 1999.

[463] Grado en Arte Electrónico y Digital de la UEM. Disponible en: http://www.uem.es/titulacion/grado-en-arte-electronico-y-digital, [Consulta: 10-10-2010]. La introducción de la materia Ingeniería de Sistemas responde a la necesidad de formación híbrida en el arte digital. El autor participó en el desarrollo de la memoria y el proceso de acreditación oficial de la ANECA (Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación) durante 2009 del cual resultó satisfactorio y se convirtió en el primer Grado de esta naturaleza en España y uno de los pioneros de Europa y del cual es actualmente coordinador.



100. Proceso de co-diseño típico.

La tecnología de los semiconductores facilita la integración de millones de puertas lógicas (*gates*) en un solo dispositivo (*chip*) y ha dado lugar a la integración de sistemas en un dispositivo (SoC, Systems on Chip). Entre muchas otras, los SoCs son los reyes híbridos del dominio multimedia, los sistemas de transporte inteligentes y en general en cualquier aplicación que procese, en paralelo, cantidades enormes de datos. El rendimiento de estos sistemas es eficaz solo en determinados casos específicos con todo el procesamiento por *software*, incluso sobre un procesador de alto-rendimiento, o solo por *hardware*. Es mucho más deseable una combinación óptima HW/SW y un sistema, también óptimo, de división (*partitioning*).



101. Procesadores y solución del problema. **a**. problema, funcionalidad deseada, **b**. procesador de propósito general, **c**. procesador específico a la aplicación, **d**. procesador de propósito específico. Un desplazamiento hacia la izquierda en la línea inferior aumenta en flexibilidad, coste (a pequeña escala), tiempo, etc. mientras que hacia la derecha en eficiencia, rendimiento, tamaño y coste (a gran escala), etc.

El diseño de sistemas requiere los siguientes pasos:

Captura de Especificación. Descomposición funcional en piezas para crear un modelo conceptual del sistema. El resultado es una especificación funcional carente de cualquier detalle de implementación.

Exploración. Exploración de alternativas de diseño y estimación de su calidad hasta encontrar la más adecuada.

Especificación. Definición de la especificación en una nueva descripción que refleje las decisiones hechas durante la exploración.

Software y Hardware. Implementación de cada uno de los componentes utilizando técnicas de diseño *software* y *hardware* o *híbridas*.

Diseño físico. Generación de los datos de fabricación para cada componente.

Esta metodología de modelado jerárquico permite alta productividad, preservación de la consistencia a través de todos los niveles y por lo tanto la eliminación de iteraciones innecesarias lo que se traduce a procesos más eficientes y rápidos. Para comprender la funcionalidad de un sistema es necesario describir las relaciones entre las diferentes piezas funcionales del modelo conceptual. Algunos de los modelos que describen esta funcionalidad de los sistemas son:

Gráfica de flujo de datos. Una gráfica de flujo de datos descompone la funcionalidad en actividades y los flujos de datos entre estas actividades.

Máquina de estado finito (FSM, Finite-State Machine). Este modelo representa al sistema como un conjunto de *estados* y un conjunto de arcos que indican *transición* del sistema de un estado a otro como resultado de determinado *evento*.

Procesos secuencialmente comunicados (CSP, Communicating Sequencel Processes). Este modelo descompone el sistema en un conjunto de procesos concurrentes que corren instrucciones de programa secuencialmente.

Máquina de estado programa (PSM, Program-State Machine). Este modelo combina FSM y CSP; permite que cada estado de un FSM concurrente contenga acciones descritas por instrucciones de programa.

Cada modelo tiene sus ventajas y desventajas. Ninguno es perfecto para todos los tipos de sistemas así que se debe seleccionar aquel que mejor se ajuste a las características específicas del sistema. Es obvio que, independientemente de si se trata de *hardware* o *software*, es posible describir los *procesos*, *datos* y *flujos* que intervienen mediante *algoritmos*. Por lo tanto, es natural pensar que estos *algoritmos* se implementen en determinado lenguaje. Si observa detenidamente el ejemplo del siguiente listado, cuesta pensar que no representa un fragmento de código programado en Pascal o algún tipo de pseudocódigo y que, simplemente, implementa funcionalidades *hardware*.

```vhdl
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;
use ieee.numeric_std.all;

entity signed_adder is
  port
  (
    aclr : in    std_logic;
    clk  : in    std_logic;
    a    : in    std_logic_vector;
    b    : in    std_logic_vector;
    q    : out   std_logic_vector
  );
end signed_adder;

architecture signed_adder_arch of signed_adder is
  signal q_s : signed(a'high+1 downto 0); -- extra bit wide

begin -- architecture
  assert (a'length >= b'length)
    report "Port A must be the longer vector if different sizes!"
    severity FAILURE;
  q <= std_logic_vector(q_s);

  adding_proc:
  process (aclr, clk)
    begin
      if (aclr = '1') then
        q_s <= (others => '0');
      elsif rising_edge(clk) then
        q_s <= ('0'&signed(a)) + ('0'&signed(b));
      end if; -- clk'd
    end process;

end signed_adder_arch;
```

102. Fuente de sumador con signo en VHDL. El VHDL se diseñó para documentar el comportamiento de los circuitos integrados de aplicaciones específicas (ASIC, Application Specific IC) del Departamento de Defensa del gobierno americano.

Existen diferentes tipos de hardware, *configware*, que permiten esta "programación". Los ASICs (ya sean de arreglo de puertas o celdas estándar) permiten interconectar diferentes módulos pre-integrados (por ejemplo puertas AND o combinaciones AND-OR-INVERTER) para conseguir determinada funcionalidad. Los dispositivos de lógica programable PLD (Programmable Logic Device) contienen determinadas capas de circuitos programables que son interconectados (quemando fusibles o mediante conmutadores programables) mediante software. La FPGA (Field Programmable Gate Array) es un tipo de PLD complejo mientras que la PLA (Programmable Logic Array), es un tipo de PLD simple.

Los *lenguajes de descripción del hardware*, como VHDL o Verilog, difieren de los *lenguajes de programación software* en detalles como las formas de describir la propagación del tiempo y las dependencias de señal (sensibilidad). Existen dos operadores de asignación, uno de bloqueo (=) y otro de no-bloqueo (<=); este último permite describir la actualización de máquinas de estado sin necesidad de declarar y usar variables adicionales. Desde su introducción, en 1984, Verilog representó un aumento tremendo en la productividad. Los diseñadores de circuitos utilizaban un programa de captura esquemático gráfico y los programas *software* escritos especialmente para documentar y simular los circuitos electrónicos.

Los diseñadores *hardware* desean lenguajes de especificación con características similares a los lenguajes de programación ampliamente usados en el desarrollo de sistemas. Verilog tiene un sintaxis similar a la de C: es sensible a mayúsculas-minúsculas, tiene un preprocesador básico (aunque menos sofisticado que el de ANSI C/C++), etiquetas de control de flujo equivalentes (if/else, for, while, case, etc.), y operadores de precedencia compatibles. Las diferencias sintácticas incluyen la declaración de variables (Verilog requiere *bit-widths* sobre tipos *net*/*reg* por ejemplo), bloques procedimentales o de demarcación (*begin*/*end* en lugar de las llaves {}), y otras pequeñas diferencias.

Otro lenguaje de descripción similar a VHDL y Verilog es el lenguaje de descripción de sistemas SystemC[464], realmente útil para modelar sistemas a nivel de comportamiento.

> SystemC es un conjunto de librerías y macros implementadas en C++ que hacen posible una simulación de procesos concurrentes con la sintaxis del lenguaje C++ ordinario. Así los objetos descritos pueden comunicarse durante una simulación de tiempo real usando señales de cualquier tipo ofrecido por C++, además algunas otras ofrecidas por las librerías de SystemC y también otras definidas por el usuario.

La metodología de diseño comienza con un modelo de alto nivel escrito en C++ y aplica un proceso iterativo que consiste en transformar el código para usar solo los elementos que tengan su equivalente en un lenguaje de

---

[464] SystemC, http://es.wikipedia.org/wiki/SystemC, [Consulta: 10-10-2010].

descripción de *hardware*. La *representación unificada* de un *sistema híbrido* debe describir su funcionalidad independientemente de su implementación *hardware* o *software* lo que permite la repartición HW/SW según un compromiso óptimo, provee un entorno de simulación y facilita una fertilización cruzada entre los dominios HW/SW.

```
#include "systemc.h"

SC_MODULE(adder) {        // módulo, declaración de la clase
  sc_in<int> a, b;       // puertos
  sc_out<int> sum;

 void do_add() {         // proceso
   sum = a + b;
 }

 SC_CTOR(adder) {        // constructor
   SC_METHOD(do_add);    // registro do_add al kernel
   sensitive << a << b;  // lista de sensibilidad de do_add
 }
};
```

103. Fuente de sumador en SystemC.

Partición

La *partición* es el proceso que decide, para cada subsistema, cómo es más ventajoso implementar la funcionalidad requerida: por *hardware* o por *software*. Este es un problema de optimización multi-variable que debe satisfacer las prestaciones exigidas dentro de determinados requerimientos del sistema: tamaño, peso, potencia, coste, etc. que, en el contexto del co-diseño, se denomina frecuentemente *partición funcional*.

Existen dos enfoques básicos de división. O bien comenzar con todas las operaciones en el *software* y mover algunas a *hardware* (por ejemplo, cuando la velocidad es fundamental) o empezar con todas las operaciones en *hardware* y mover algunas a *software*. Un programa de división funcional identifica los cuellos de botella de cómputo y migra las funciones correspondientes a un *hardware* específico de la aplicación. Por otra parte la migración de componentes *hardware* a rutinas *software* pasa por la identificación de las tareas no críticas susceptibles de migrar. Esto conlleva una reducción de tamaño y costes significativos sin reducir el rendimiento

(especificado en términos de latencia y restricciones en la velocidad de los datos).

La *compartimentación funcional* permite que el sistema se divida en componentes *hardware* y *software*; es análogo a las *particiones estructurales* en que la estructura de un sistema se refina en un menor nivel de componentes hardware. Sin embargo, en las particiones estructurales, la funcionalidad no se puede mover desde el *hardware* hacia el *software*. El particionado de objetos funcionales entre los componentes del sistema se realiza: mediante una descripción de la funcionalidad del sistema (descrita como una colección de objetos funcionales indivisibles) y a continuación cada componente de la funcionalidad del sistema se implementa en *hardware* o *software*.

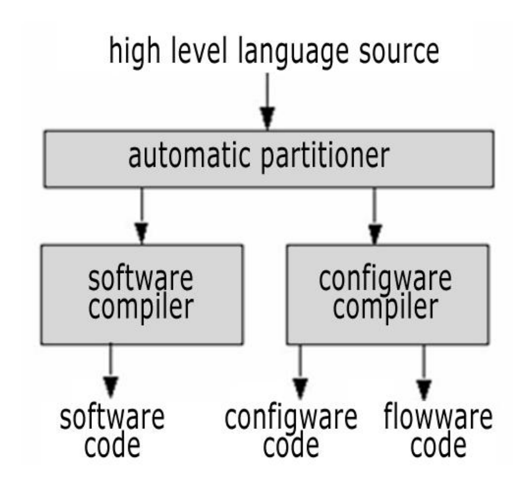
El proceso de *partición* es guiado por la *métrica* y el tipo de métrica a utilizar depende en gran medida del nivel de descripción del sistema. La métrica se define para determinar el coste relativo de una partición frente a otras particiones potenciales. Obviamente, algunos indicadores, como el tiempo de ejecución de una determinada tarea en un procesador específico, son imposibles de medir con precisión hasta alcanzar la aplicación definitiva. Algunas de estas técnicas son: de estimación determinística (solo útil cuando se parte de un modelo completamente especificado), de estimación estadística (en modelos incompletos; se basa en el análisis de sistemas similares y ciertos parámetros de diseño) o de perfiles (examina flujos de datos y control en una arquitectura para determinar qué partes, más caras computacionalmente, son mejores implementadas por hardware). El proceso de seleccionar los componentes se denomina *asignación* (allocation).

Los sistemas híbridos no solo deben tener en cuenta qué implementar por *hardware* o por *software* sino también cómo comunicar ambos dominios y es que esta *comunicación* introduce determinada sobrecarga que debe ser considerada.

Cuando es posible una implementación de todos los componentes del sistema solo con procesadores de propósitos generales (ya sean *microcontroladores*, *microprocesadores* o *procesadores digital de señal*) el diseño de un sistema complejo se convierte en un problema de *integración* (este concepto excluye la elaboración y uso de procesadores específicos).

Este es, sin embargo, un escenario frecuente no menos complejo donde se puede considerar los componentes como piezas de un rompecabezas que deben encajar perfectamente (en términos de métrica) para conseguir el objetivo deseado. Este "encaje" pasa por unas interfaces de comunicación bien definidas y por el uso de *terminales* de interacción universales o estándares.

El co-diseño HW/SW es muy útil en la búsqueda de soluciones a medida, prototipado rápido, simulación, sistemas con determinados procesos críticos (ya sea en velocidad, memoria, etc.), sistemas adaptables o reconfigurables, concurrentes (desarrollo simultáneo HW/SW), integrables (la interacción del desarrollo HW/SW produce diseños que satisfacen los criterios de rendimiento y especificaciones funcionales), etc. y permite el desarrollo de sistemas complejos que sacan lo mejor de cada tecnología.



104. Co-compilador Software-Configware. Configware significa programación reconfigurable. *Configware* versus *software* significa *programación estructural* versus *programación procedimental.* Configware considera ASICs, PLDs, etc.

Imagínese el siguiente escenario: se necesita desarrollar un sistema muy complejo que debe interactuar con el mundo real. Para ello primeramente se crea un modelo conceptual del sistema: una especificación funcional ajena e independiente de cualquier detalle de implementación y, por lo tanto, de la tecnología. Este diseño le permitirá implementar el sistema con la tecnología disponible en el momento que lo requiera; es independiente de ella. Ahora supóngase que es posible describir todos los algoritmos,

procesos, datos e interrelaciones del modelo en una suerte de meta-lenguaje de programación (pseudocódigo o de muy alto nivel como muestra la figura 101), ajeno igualmente a cualquier implementación.

Por último suponga que combinando estrategias automáticas y manuales (en la figura 105, por ejemplo, solo se considera la división HW/SW automática) pueda decidir qué y cómo hacer por *hardware* o por *software* y cómo comunicarlas entre sí. Finalmente obtendrá un sistema híbrido óptimo, susceptible de futuras implementaciones, definido en términos no perecederos, en definitiva: un sistema eficaz resistente a la obsolescencia tecnológica capaz de absorber la tecnología del futuro.

La *computación híbrida*, hoy día, parece aceptada como evidente pero aún queda mucho por hacer y no existe, ni existirá, solución ideal ni genérica. La resistencia llega de todas partes. El uso de meta-lenguajes no es casi nunca bien recibido por la comunidad de programadores que lo considera un intrusismo automatizado y prefieren seguir escribiendo sus líneas de código en el lenguaje que les apetezca. Para los desarrolladores de *hardware* este enfoque es una quimera basada en patrones susceptibles de mejoras. Pero para la industria simplemente significa ganar o perder dinero. Aquí la *hibridación* es lo de menos y lo de más la imposición de tecnologías y estrategias propietarias. Steve Jobs reclama “baja potencia, pantallas táctiles y estándares abiertos para la web” para el entorno de las aplicaciones hoy día mientras Apple, la compañía que dirige, supera a Microsoft en el mercado mundial y es el cuarto en ventas de ordenadores en Estados Unidos; es difícil desvincular ambos hechos y su capacidad de expansión a otros mercados como el de los móviles y la reproducción multimedia.

Linux cuenta con el procesador Leon 2 (una implementación en VHDL de un procesador de 32 bits compatible con el juego de instrucciones Sparc V8, desarrollado para la Agencia Espacial Europea y mantenido en la actualidad por Gaisler Research[465]. Leon 2 es de código abierto, viene acompañado de las herramientas necesarias, que también son de código abierto: compiladores C, versión de Newlib, y versiones de eCos y Linux. El procesador Leon no solo es de código abierto, sino que además no está

[465] Aeroflex Gaisle, http://www.gaisler.com/cms/, [Consulta: 10-10-2010].

ligado a ninguna tecnología de FPGA concreta. PeaCE, por otra parte, permite realizar un particionado HW/SW automático.

La computación híbrida no es tan nueva como parece y ya cuenta con algunas décadas. Sin embargo el co-diseño no lo es tanto y cada vez ejerce mayor atracción. ¿Habrá que esperar por una comunidad HW/SW libre para impulsarlo? El tiempo dirá. Mientras… el mundo sigue siendo analógico y complejo y el hombre ridiculizando, rechazando violentamente y aceptando como evidente toda verdad[466].

Hasta aquí algunas reflexiones acerca de la tecnología involucrada en el arte digital en torno a los principales problemas desde el punto de vista de la Restauración: su *obsolescencia tecnológica* y su relación con las metodologías de producción, utilizando como hilo conductor el *proceso*. Si se desea *producir* o *recrear* una obra de arte digital ésta es fundamentalmente la materia prima. Sin embargo, no pocas son las restricciones que impone y no precisamente técnicas sino más bien por la relación tecnología-consumo. ¿Sería útil reflexionar acerca de cómo podría ser un entorno más apropiado para la Restauración del arte digital? ¿Es posible alguna tecnología fuera de lo que ha venido consumando la industria? Desde luego que sí y, para hacerlo, supóngase que existe un sistema operativo de libre distribución cuyo nombre es: LINOOS.

LINOOS

LINOOS es el acrónimo de LINO Operating System o LI NO Operating System, según se lea, y este doble, a la vez que antagónico, significado pone en evidencia el papel de los *sistemas operativos* centralizados modernos (como MacOS, Windows, Linux, etc.) en la gestión de un mundo periférico distribuido. El parecido fonético de LINOOS (*Linus*) con Linux, acentúa la similitud filosófica de proyecto de software libre; hecho *por* y *para* la comunidad.

Mucho han cambiado las cosas desde que IBM lanzó el primer ordenador personal. Los procesadores son más rápidos, baratos a la vez que potentes,

---

466 En alusión a la frase de Arthur Schopenhauer: "Toda verdad pasa por tres etapas. Primero, es ridiculizada. Segundo, es violentamente rechazada. Tercero, es aceptada como evidente."

con arquitecturas orientadas a ofrecer cierto paralelismo; los ordenadores incluyen más de un procesador; los periféricos son inteligentes; las "unidades" de almacenamiento sobrepasan el Tera, y los discos duros son sustituidos por memorias de estado sólido; las comunicaciones son rápidas, extendidas y robustas; y así… un largo etc. que bien podría acabar con el asentamiento de diferentes monopolios tecnológicos que no compiten entre sí, sino que se complementan.

Los primeros ordenadores personales tenían un único procesador (incluso un coprocesador), memoria interna y un conjunto de buses o medios de comunicación (con su correspondiente circuitería) para acoplar los periféricos. De modo que las señales que llegaban o salían al ordenador personal eran procesadas por el propio procesador. Por ejemplo, un PC no tenía salida a vídeo[467]. Era necesario insertar una tarjeta especializada que, a su vez, proporcionaba las señales primarias de vídeo (por componentes, o incluso compuesto o señal de televisión).

Esta filosofía centralizada de interconexión proporcionaba un soporte de acceso primario, a través de la BIOS (Basic Input Output System) y mediante un sofisticado sistema de interrupciones, y un soporte mucho más complejo, para el manejo de todos los recursos del sistema, vía *sistema operativo*. Los *sistemas operativos* proveían concurrencia[468] a través del sistema de interrupciones y, según fueron evolucionando, se impusieron estrategias de cooperación, tiempo compartido, por prioridades o inclusive combinaciones de ellas.

Según se desarrollaban los diferentes periféricos, por los innumerables fabricantes, los *sistemas operativos* introdujeron el concepto de *driver* o *controlador* para gestionar las especificidades de cada elemento y sacarle el

---

[467] Macintosh optó por incluir su propio gestor de vídeo mientras que en cualquier PC era posible utilizar cualquier interfaz compatible con sus buses.

[468] La gestión del tiempo de proceso está directamente relacionada con la capacidad de compartir tiempo de ejecución por diferentes programas. Normalmente un programa *corre* hasta que necesita *esperar* por algún dato. La optimización más simple de esta espera pasa por permitir que, mientras tanto, puedan correr otros programas. Finalmente, si el sistema operativo garantiza la ejecución *compartida* de diversos programas puede parecer que todos *corren* en paralelo o simultáneamente.

mayor provecho. En definitiva el *driver* es un programa cuya función principal es proporcionar una capa *normalizada* entre las funciones de acceso del *sistema operativo* y las específicas del periférico en cuestión según el fabricante.

En la actualidad no existe dispositivo, por pequeño que fuere, cuyas funciones no sean dirigidas por al menos un *microcontrolador*[469]. El *microcontrolador* incorpora internamente temporizadores, señales de entrada/salida, tanto digital como analógica, comunicación serie, etc. Los dispositivos más complejos, como los relacionados con audio y vídeo, además incorporan uno o más DSPs para manipular señales de gran ancho de banda (audio, vídeo, etc.) y complejidad y uno o más *microcontroladores* para manipular las señales de control o interfaz. Curiosamente, las tres tecnologías evolucionan con cierta convergencia[470].

Este hecho también cambió la forma de comunicación entre los diferentes periféricos con la sustitución de señales digitales básicas (o incluso analógicas) asociadas a cada periférico por la comunicación serie incluida en estos dispositivos. El USB (Universal Serial Bus) es un ejemplo de ello. A diferencia de las múltiples interfaces físicas del pasado, es posible encontrar cualquier tipo de periférico con comunicación USB. Desde el pequeño ratón, hasta sofisticados discos duros de altísima velocidad y capacidad, impresoras, escáneres, entrada/salida de audio/vídeo, etc. Las funciones de los periféricos siguen siendo las mismas, incluso muy parecidas a la que ofrecía la BIOS, solo la forma de comunicación entre el *microprocesador* y los periféricos ha cambiado por un estándar que proporciona incluso la posibilidad de arrancar el dispositivo en caliente (sin

---

[469] El *microcontrolador*, a diferencia del *microprocesador* de los PCs, incluye las funciones asociadas a periféricos en el propio *chip*, en lugar de acceder a ellas a través de los buses de datos, direcciones y control, y, en general, un conjunto de instrucciones reducido capaz de operar en un solo ciclo de reloj.

[470] Por ejemplo: Intel por ejemplo ha dotado a sus procesadores, desde la serie MMX, de instrucciones propias de procesado de señal; Microchip ha desarrollado la familia dsPIC, una especie de microcontrolador con funciones DSP. No obstante su función, velocidad, precio, potencia, sigue ocupando rangos diferentes.

apagar y encender el ordenador). La comunicación con los periféricos[471] pasó de dentro del ordenador (*intra*) hacia fuera (*inter*).

Un ordenador personal hoy día consta de uno o varios procesadores, sin prácticamente controladores periféricos (DMA, Direct Memory Acces; interrupciones, temporizadores, etc.), memoria RAM (Random Access Memory) de alta capacidad y velocidad, memoria Flash (la Flash EPROM es una memoria no volátil grabable in situ) actualizable (que hace las funciones de la BIOS aunque se le suele denominar *firmware* o, inclusive, puede albergar un *sistema operativo*), controlador de vídeo incorporado o un *bus* de muy alta velocidad para ello (como el AGP, Accelerated Graphics Port) y algún conjunto de buses series normalizados (como el USB, Ethernet, Firewire ó inalámbricos como IrDA, Bluetooth y WiFi). Sin embargo, a pesar de la enorme descentralización, los sistemas operativos mantienen una centralización *encubierta*.

El desarrollo arquitectónico de un PC se podría dividir en dos etapas, con una línea divisoria muy borrosa, que, para simplificar al máximo las cosas, se podría llamar: “el antes” y “el después”.

La arquitectura correspondiente al “antes” posee una unidad de proceso que debe intercambiar información con todos los periféricos; cada uno según su protocolo de acceso mientras que la unidad de proceso del “después” puede estar formada por varios procesadores que se comunican con todos los periféricos con solo unos pocos protocolos estándares. Ambos son esquemas centralizados; sin embargo, la introducción de cierta *inteligencia* en los periféricos permite reorganizar este modelo para conseguir *distribución* y *paralelismo*.

Para ello es preciso observar el esquema de “el después” como una red local, formada por la interconexión de diferentes tipos de redes (según los diferentes protocolos de comunicación), donde cada elemento de la red (*componente*) tiene determinada función. Para hacer más fácil el análisis

[471] Incluso muchos de los periféricos que aún trabajan dentro del ordenador (como es el caso del disco duro) no se conectan mediante los viejos buses paralelos sino a través de buses series de alta velocidad (SATA, por ejemplo) casi idénticos que los que ofrece al exterior (como es el caso de firewire o USB).

considérese este esquema según el modelo de interconexión abierto OSI de la ISO que permite abstraer los detalles de las conexiones y concentrar la atención en sus *interfaces* a *nivel de aplicación*[472].

Ahora véanse todos los *componentes* como "cajas negras" capaces de realizar determinado conjunto de funciones. Cada *función*, *procedimiento* o *servicio* consume información, a través de los parámetros o datos de entrada, la procesa, y devuelve unos resultados, a través de los parámetros o datos de salida. En este modelo, cada *componente* publica sus *interfaces* (funciones y parámetros de entrada y salida de cada una de ellas) en un formato común[473]. Como cada componente es capaz de *publicar* sus funciones e interfaces[474] a toda la red local; cada punto de la red local tiene la capacidad de invocar estos *servicios*. Por ejemplo, la pantalla o *display*, que tiene incluida la tarjeta gráfica (compatible, por ejemplo, OpenGL), exporta una serie de funciones relacionadas con su uso (compatible XWindows, por ejemplo). El propio disco duro se hace cargo del sistema de archivos; de manera que publica sus directorios, archivos, contenidos de archivos e inclusive realiza funciones de defragmentación automática en sus ratos de ocio. De esta manera un editor de texto, por ejemplo, funciona independientemente del tipo de monitor, disco duro, teclado, ratón o impresora como una auténtica aplicación distribuida en la que cada

[472] A este nivel de abstracción se puede considerar que todos los integrantes de la red pueden intercambiar información sin profundizar en cómo lo hacen. El modelo OSI de la ISO descompone la comunicación entre puntos en siete capas compatibles entre sí a nivel de interfaz.

[473] La arquitectura SOA (Service Oriented Arquitecture) es un ejemplo de ello. Los datos de intercambio son formateados en cadenas XML.

[474] Estas funciones e interfaces, en concepto, son similares a las definidas en la BIOS; sin embargo, es importante un diseño armonioso que pueda evolucionar sin límites. Para ello podríamos tomar el ejemplo del protocolo MIDI (Musical Instrument Digital Interface) que fue capaz (en 1982) de definir un conjunto de mensajes generales para todos los fabricantes y un *mensaje exclusivo* para el uso privado de cada fabricante. De esta manera prepararon al protocolo para aguantar el paso del tiempo; cualquier necesidad posterior es susceptible de insertar a través de un mensaje exclusivo.

componente juega su rol independientemente de cualquier *sistema operativo* por la desagregación del modelo[475].

La arquitectura distribuida de LINOOS cuestiona la necesidad de un *sistema operativo* tradicional[476]. LINOOS no necesita de ningún *driver* para operar, solo de las *interfaces* de cada *componente* de la red. ¿Cómo debe funcionar el componente procesador? No todas las aplicaciones requieren del uso de un *sistema operativo*. Normalmente las aplicaciones diseñadas para *microcontroladores* no lo hacen y esto es debido a lo limitado de sus recursos y la especificidad de sus funciones. Son sistemas a medida y óptimos y es que el *sistema operativo* introduce cierta sobrecarga, consume determinada memoria, espacio en disco, etc. ¿A cambio de qué? De garantizar la concurrencia entre diversos programas, la comunicación entre ellos, arbitrar el uso de recursos compartidos, etc.; en definitiva, de gestionar los recursos del sistema.

Las aplicaciones DSP son otro caso donde habitualmente no se utiliza un *sistema operativo*. Son aplicaciones donde lo más importante es la velocidad y optimización de los recursos y, normalmente, son muy específicas. Lo cual limita el uso de los sistemas operativos a aplicaciones generales donde lo más importante no es precisamente la optimización[477].

---

[475] La desagragación funcional no es un concepto novedoso. El Modelo Vista Controlador (MVC), desarrollado en 1979 por Trygve Reenskaug (entonces trabajando en Smalltalk en laboratorios de investigación de Xerox), es un buen ejemplo de ello; un estilo de arquitectura *software* que separa los datos de una aplicación, la interfaz de usuario, y la lógica de control en tres componentes distintos. El estilo de llamada y retorno MVC, se utiliza frecuentemente en aplicaciones *web*, donde la *vista* es la página HTML y el código que provee de datos dinámicos a la página. El *modelo* es el *sistema de gestión de base de datos* y la *lógica de negocio* y el *controlador* es el responsable de recibir los eventos de entrada desde la *vista*. Cada uno es susceptible de reemplazo si se respetan las interfaces. De hecho pueden existir muchas *vistas* y quizá menos *controladores* para un mismo *modelo*; que es el componente de mayor reutilización.

[476] En los términos en que funcionan los *sistemas operativos*. En realidad un *kernel* (incluso un *micro kernel*) que gestione, como un componente más, los recursos específicos de la placa base (*mother board*) es suficiente.

[477] Hemos sido testigo de cómo los *sistemas operativos*, que hemos llamado *centralizados modernos*, devoran espacio en disco, memoria y recursos insaciablemente para proveer un

Sin embargo, es posible aplicar la filosofía anterior para conseguir un procesador LINOOS. En este caso cada procesador tiene su mini[478] *sistema operativo* (o *gestor de tareas*) en su propia memoria *flash*[479] y exporta, a través de sus *interfaces* de comunicación sus *servicios*.

Obsérvese que en un sistema LINOOS se pueden integrar múltiples *componentes* (en principio ilimitado) con diferente, similar o igual funcionalidad; lo que permite crear verdaderos sistemas multiprocesamiento y compartir realmente todos los periféricos (es posible tener múltiples pantallas, cada una visualizando diferente información; múltiples sistemas de almacenamiento; múltiples impresoras; etc.).

El siguiente paso es la interconexión de diversos sistemas LINOOS lo cual es prácticamente extensible si existe al menos un *componente* de la red que pueda servir de pasarela (*gateway*). Para compartir recursos entre diferentes sistemas LINOOS es necesario proveer a cada *componente* del sistema de una dirección única. El uso de direcciones IP (Internet Address) garantiza un enumerador único; pero es posible algún tipo de direccionamiento más simple utilizando técnicas de numeración local para diferenciar cada dispositivo con una dirección única. Lo más simple es emplear algún tipo de código identificador de cada tipo de dispositivo, según su función. Por ejemplo 1 para monoprocesadores, 2 para múltiples procesadores, 3 para microcontroladores, 4 para DSPs, etc. seguido de un identificador de dirección. O algún mecanismo como el que emplea el I2C[480]

---

entorno más amistoso de dudosa justificación. Mucho más nocivo en cuanto no dejen opción a usos más austeros.

[478] El término mini (micro, nano, pico, etc.) es justificado por la reducción de sobrecarga que introduce la gestión de los drivers, y la exclusión de todo lo que no sea estrictamente relacionado con la gestión de concurrencia, comunicación entre procesos y compartición de los escasos recursos de los que dispone. Obsérve que, bajo esta filosofía, la implementación de cada mini sistema operativo es supérflua.

[479] Obsérvese que no es necesario un disco duro y que el *firmware* (mini sistema operativo) es auto actualizable a través de su propia interfaz.

[480] I2C, http://www.i2c-bus.org/, [Consulta: 2-1-2011].I2C es un protocolo de comunicación serie de alta velocidad diseñado para la comunicación de *chips* a muy bajo nivel. Por ejemplo para que un microcontrolador amplie sus recursos: memoria, puertos, conversores analógico/digital-digital/analógico, circuitos específicos para control de motores, circuitos de

que asigna rangos de direcciones según las diferentes funciones. Así 1.001 corresponde al monoprocesador 1 dentro de la red. Para diferenciarlo de aquellos que pertenezcan a otras redes locales se puede complementar la dirección con la IP de la pasarela, por ejemplo. En el caso de que coexistan múltiples pasarelas es necesario diferenciar los puntos según la pasarela a la que estén conectados.

Probablemente, con muy poco esfuerzo, sea posible crear sistemas LINOOS a partir de los *sistemas operativos* habituales. Si es así, entonces ¿qué importancia podría tener este cambio? Lo más loable probablemente de este enfoque es que consigue una total independencia entre aplicación y tecnología. Es posible sustituir cualquier *componente* por otro de última generación con tecnologías más rápidas, potentes y estables y todo seguirá funcionando. ¿Por qué? Porque solo cambia el *cómo* no el *qué* hace y, mientras no cambien las *interfaces*, todo seguirá funcionando perfectamente. LINOOS, visto de otra manera, consigue crear sistemas robustos a la obsolescencia tecnológica y se corresponde con la metodología que propone A3.

Aunque el XML está tan extendido, es posible definir los mensajes de intercambio en un metalenguaje multiparadigma como LISP[481]. De esta manera no solo se podrá transferir información sino código fácilmente ejecutable en cualquier componente del sistema LINOOS. ¿Es por esto LINOOS menos seguro? No. En LINOOS cada *componente* de la red es responsable de todas sus funciones, incluida las relacionadas a la seguridad. No es posible formatear un disco duro malintencionadamente porque solo el propio dispositivo puede hacerlo si recibe la orden y coteja que, quien la emite, tiene permiso para ello; mecanismo que se puede activar en un proceso de configuración inicial o especial.

---

comunicación, etc. El microcontrolador Atmel ATmega, que utilizan las placas Arduino y Ardabasto, por ejemplo, se pueden comunicar con una cantidad enorme de periféricos hardware sin utilizar para ello su puerto serie (USART, Universal Serial Asynchonous Receiver Transmitter), que solo dispone de uno y, en estos sistemas, se utiliza para la comunicación USB con un ordenador.

[481] De hecho existe una relación muy directa entre ambos a pesar de que LISP es el segundo lenguaje de programación de alto nivel (solo superado por FORTRAN) más longevo.

Otro aspecto reseñable es su *escalabilidad*. Para aumentar la potencia de proceso, por ejemplo, basta con aumentar los *componentes* de proceso que, dicho sea de paso, son más baratos y simples. La conservación de la *escalabilidad* es posible también por la base OSI subyacente en la arquitectura. Es posible cambiar inclusive el tipo de enlace de comunicación, e incluir nuevas tecnologías que pudieran surgir en el futuro, sin que se altere el funcionamiento del sistema. ¿Por qué? Porque LINOOS trabaja en la *capa de aplicación* lo que hace posible sustituir cualquiera de las capas inferiores, varias o todas inclusive, sin influencia en el conjunto.

Otro aspecto interesante, desde el punto de vista de desarrollo, es considerar los *mecanismos de comunicación interprocesos* (*soft/hard*) independientemente de si coexisten en el mismo *componente* (*intra/inter*). De esta forma se tiene un sistema transparente a la arquitectura y se distribuyen los mecanismos de arbitraje de recursos, normalmente controlados por el *sistema operativo*. En término de *conectores*[482], considerando como un mecanismo de comunicación que hace posible acoplamientos LINOOS garantiza diseños/arquitecturas de alto nivel, reutilización, distribución/paralelización.

LINOOS converge hacia lo que se va conociendo como tecnología Web 3.0. En este entorno cada dispositivo, por diferente que sea, puede exportar su funcionalidad a la comunidad. El éxito de LINOOS se basa en el empleo de estándares libres y abiertos a toda la comunidad. LINOOS no es caos, sino un mecanismo de cooperación que permite el desarrollo, pero más importante, el mantenimiento, de aplicaciones complejas *objeto-sistemas* como las que necesitan los *objetos-símbolos* del arte digital.

[482] En este contexto un *sistema operativo* (*kernel*), Internet o un medio es un conector.

BIBLIOGRAFÍA

Obras citadas

Agúndez García, José A. 6-TV-Dé-coll/age. El ojo del elefante en *Primera generación. Arte e imagen en movimiento* [1963-1986], Madrid: MNCARS, 2006.

Alsina, Pau. *Arte, Ciencia y Tecnología*. Barcelona: Editorial UOC, 2007.

Altshuler, Bruce (Ed). Collecting the New. A Historical Introduction en *Collecting the New: Museums and Contemporary Art*. New Jersey: Princeton University Press, 2004.

Bar, Norbert S. Does conservation have value? en Burchensen, K. (Ed). *25 Years School of Conservation: The Jubilee Symposium Preprints*, Copenhagen: 1998, pp. 15-19.

Barreca, Laura. *Il dibattito internazionale intorno al la conservazione e alla documentazione della New Media Art.* 1995-2007. Tesis presentada en el Dipartimento di Studi per la Conoscenza e la Valorizzazione dei Beni Storici e Artistici, Università Degli Studi Della Tuscia Di Viterbo, 2008.

Barthes, Roland. *Elementos of Semiología*. 19 Edición. Madrid: Alberto Corazón, 1971. Comunicación, Serie B: Elementos de Semiología.

Benjamin, Walter. La obra de arte en la época de su reproductibilidad técnica en *Discursos Interrumpidos I*. Madrid: Taurus Ediciones, 1973.

Bense, Max. *Estética de la información*. Madrid: Alberto Corazón, 1972. Comunicación, Serie B. No. 23.

Bonsanti, Giorgio. Riparare l'arte. *OPD Restauro*. 1997, No. 9.

Brandi, Cesare. *Teoría de la Restauración*. Madrid: Alianza Editorial, 2002. Alianza Forma.

Bravo Monroy, Rodolfo. *Metodología para el análisis y desarrollo de sistemas complejos: una aproximación al estudio y selección de sus*

elementos de información. Tesis doctoral presentada en la Universidad Complutense de Madrid, Servicio de Publicaciones, Madrid, 2006.

Brock-Nannestad, George. The rationale behind operational conservation theory. *Conservation Without Limits, IIC Nordic Group XV Congress*, Helsinki, 2000, pp. 21-33.

Burnett, Ron. *Disciplines in crisis: Transdisciplinary approaches in the arts, humanities and sciencies*. Internet: Transdisciplinary-Unesco, 2000.

Capra, Fritjof. *La trama de la vida. Una nueva perspectiva de los sistemas vivos*. Barcelona: Anagrama, 1998.

Capra, Fritjof. *Las conexiones ocultas*. Barcelona: Anagrama, 2003.

Caro, Antonio. El paradigma de la complejidad como salida de la crisis de la postmodernidad, *Discurso* (órgano de la Federación Andaluza de Semiótica). 2002, No. 16-17.

Cilleruelo, Lourdes. *Lo digital en el arte*. Editorial Museo de Arte Contemporáneo Reina Sofía, 2008.

Coddington, James. The Case against Amnesia en *Mortality Immortality*? *cit*. en Corzo, Miguel (Ed). *The legacy of 20th-century art*. Los Angeles: Getty Conservation Institute, 1999.

Côté, Michel. De la obra maestra al objeto: sacralización y desacralización en el Museo. *Museum Internacional* 218 UNESCO, París, 2003.

Depocas, Alain; Ippolito, Jon y Jones, Caitlin (Eds). *Permanence through change: The Variable Media Approach*. New York: The Solomon R. Guggenheim Foundation y Montreal: The Daniel Langlois Foundation for Art, Science, and Technology, 2003. Disponible en:
http://www.variablemedia.net/e/preserving/html/var_pub_index.html,
[Consulta: 8-10-2010].

Descartes, René. *Discurso del Método.* Madrid: Editorial Tecnos, 2005.

Diego García, Isaac. Notación musical: El grafismo musical en la frontera de los lenguajes artísticos. *Opus Música*, 20/11/2007. Disponible en: http://www.opusmusica.com/020/grafismo.html, [Consulta: 20-2-2009].

Dilthey, Wilhem. The rise of hermeneutics en Connerton, Paul (Ed). *Critical sociology*. New York: Penguin, 1900/1976.

Fatás, Guillermo y M. Borrás, Gonzalo. *Diccionario de Términos de Arte y elementos de Arqueología y Numismática*. Madrid: Alianza Editorial, 1980.

Fisher, Phillip. *Making and Effacing Art Modern American Art in the Culture of Museums*. New York: Oxford University Press, 1991.

Foster, Hal. Round Table. The Projected Image in Contemporary Art. *October*. The MIT Press Journal. 2003, No. 104.

Foucault, Michel. *La arqueología del saber*. Buenos Aires: Siglo XXI Editores Argentina, 1978.

Foucault, Michel. *Las palabras y las cosas: una arqueología de las ciencias humanas*. Buenos Aires: Siglo XXI Editores Argentina, 1990.

Galeana de la O, Lourdes. Aprendizaje Basado en Proyectos. *CEUPROMED*. Universidad de Colima, 2006. Disponible en: http://ceupromed.ucol.mx/revista/PdfArt/1/27.pdf, [Consulta: 29-10-2010].

García González, María N., *Metodología de aprendizaje activo para la comunicación: técnicas para el conocimiento a través de la resolución de problemas (PBL),* Edit. Fragua, Madrid, 2007.

García, Lino. A3: Una Metodología para el Arte Digital. I *Foro de Creatividad e Innovación Transversal*, Madrid: Universidad Europea de Madrid, 2010.

García, Lino. Recreación: Una estrategia de conservación evolutiva. ARTE CONTEMPORÁNEO EN (sala de) GUARDIA, *Jornadas sobre investigación y nuevas prácticas en la conservación de obras de arte contemporáneo*, Buenos Aires, 2010.

García, Lino *et al.*, Diseño Curricular de un Grado Híbrido. VII *Jornadas de Innovación Universitaria*. Madrid: Universidad Europea de Madrid, 2010.

García, Lino *et al.*, Refectum#1: Caso de Estudio. *6 TV Dé-coll/age*: Wolf Vostell. ARTE CONTEMPORÁNEO EN (sala de) GUARDIA, *Jornadas sobre investigación y nuevas prácticas en la conservación de obras de arte contemporáneo*, Buenos Aires, 2010.

García, Lino y Montero, Pilar. Conservación y Restauración de Arte Digital. 11ª *Jornadas de Conservación de Arte Contemporáneo*, Madrid: MNCARS, 2010.

García, Lino y Montero, Pilar. The challenges of digital art preservation. *e-Conservation*. 2010, No. 14. Disponible en: http://www.e-conservationline.com/content/view/884, [Consulta: 5-10-2010].

García, Lino y Montero, Pilar. Videoarte y Videoinstalaciones, Un enfoque de conservación y restauración. Presentado a 12ª *Jornadas de Conservación de Arte Contemporáneo*, MNCARS, Madrid, 2011.

Gibson, Steve. Transdisciplinary Digital Art, Sound, Vision and the New Screen, Vol. 7, Part 1, 1-2, *Communication in Computer and Information Science,* chapter *Introduction: Why Transdisciplinary Digital Art?* Springer, 2008.

González Moreno-Navarro, Antoni. Falso histórico o falso arquitectónico, cuestión de identidad. *Loggia Arquitectura y Restauración.* 1996, No. 1, pp. 16-23, *cit.* en Muñoz, *Teoría contemporánea de la Restauración,* p. 88.

González Moreno-Navarro, Antoni. Restaurar es reconstruir. A propósito del nuevo monasterio de sant llorentç de guardiola de berguedà (barcelona). *e-rph*, 2007, No. 1. Disponible en: http://www.revistadepatrimonio.es/revistas/numero1/intervencion/estudios/_pdf/intervencion-experiencias.pdf, [Consulta: 21-12-2010].

González Mozo, Ana y Macarrón Miguel, Ana María. *La Conservación y la Restauración en el Siglo XX*. Madrid: Editorial Tecnos, 2004.

Goodman, Nelson. *Los lenguajes del arte: Una aproximación a la teoría de los símbolos*. Barcelona: Paidós, 2010.

Greenberg, Ira. *Processing: Creative Code and Computational Art*. Appress, 2007.

Greene, Rachel. *Internet Art*. Thames & Hudson (world of art), 2004.

Hernández Sampieri, Roberto *et. al.*, *Fundamentos de Metodología de la Investigación.* Madrid: McGraw-Hill, 2007.

Higgins, Dick. Intermedia. *Leonardo*. 2001, Vol. 34, No. 1.

Hoetzlein, Rama. *Timeline of 20th c. Art and New Media*, Media Arts & Technology Program. University of California Santa Barbara, 2009. Disponible en http://www.rchoetzlein.com/theory/?p=42, [Consulta: 5-10-2010].

Hoetzlein, Rama. *What is New Media Art?* Media Arts & Technology Program. University of California Santa Barbara, 2009. Disponible en http://www.rchoetzlein.com/theory/?p=11, [Consulta: 5-10-2010].

Hofman, Vanina. Album inestable. Un acercamiento a la conservación del arte electrónico. *Arte Electrónico/Entornos cotidianos*, colección Papers per a Debat Nº 5, FUNDIT – Escuela Superior de Diseño ESDi, Sabadell, 2007; en http://www.anaisafranco.com/album_inestable.pdf, [Consulta: 19-12-2010].

Iles, Chrissie y Huldisch, Henriette. Keeing Time: On Collecting Film and Video Art in the Museum, en Altshuler, Bruce (Ed). *Collecting the New: Museums and Contemporary Art*. New Jersey: Princeton University Press, 2005, pp. 65-83.

Ippolito, Jon. Accommodating the Unpredictable: The Variable Media Questionnaire en Depocas, Alain; Ippolito, Jon y Jones, Caitlin (Eds). *Permanence through change: The Variable Media Approach.* New York: The Solomon R. Guggenheim Foundation y Montreal: The Daniel Langlois Foundation for Art, Science, and Technology, 2003. Disponible en: http://www.variablemedia.net/e/preserving/html/var_pub_index.html, [Consulta: 16-12-2010].

Ippolito, Jon. Death by Wall Label en Paul, Christiane (Ed). *New Media in the White Cube and Beyond: Curatorial Models for Digital Art*. Berkeley: University of California Press, 2008. Disponible en: http://thoughtmesh.net/publish/11.php, [Consulta: 22-12-2010].

Ippolito, Jon. El museo del futuro: ¿una contradicción en los términos?, http://aleph-arts.org/pens/museo_futuro.html, 1998, [Consulta: 6-5-2010]. Este artículo apareció originalmente en *Artbyte_*, Junio-Julio 1998.

Jaschko, Sussane; Evers, Lucas & Laboral, Centro de Arte y Creación Industrial, *El proceso como paradigma*, Gijón: LABoral Centro de Arte y Creación Industrial, 2010.

Jiménez, Alfonso. Enmiendas parciales a la Teoría del Restauro (II). *Valor y valores. Loggia* 2, 5, pp. 12-29 *cit.* en Muñoz, *Teoría Contemporánea de la Restauración*, p. 176.

Jones, Caitlin y Stringari, Carol. Seeing Double: Emulation in Theory and Practice en Christiane, Paul (Ed). *New Media in the White Cube and Beyond: Curatorial Models for Digital Art*. Berkeley: University of California Press, 2008, pp. 220-232.

Kahn, Douglas. *Noise, Water, Meat: A History of Sound in the Arts*. Cambridge: The MIT Press, 2001.

Keene, Suzanne. Objects as systems: a new challenge for conservation, en Oddy, A. (Ed). *Restoration Is It Acceptable?* Londres: British Museum, 1994.

Kedrov, Bonifatii Mikhailovich. *Clasificación de las ciencias*. Moscú: Editorial Progreso, 1976.

Kuhn, Thomas S. *¿Qué son las revoluciones científicas? y otros ensayos*. Barcelona: Paidós, 1989.

Laurenson, Pip. The Conservation and Documentation of Video Art en Hummelen, Ysbrand y Sillé, Dionne (Ed). *Modern Art: Who Cares*? Amsterdam: Foundation for the Conservation of Modern Art and the Netherlands Institute for Cultural Heritage, 1999.

Lieser, Wolf. *Arte Digital*. Tandem Verlag: H. F. Ullmann, 2009.

Lledó, Elena. Problemas del arte digital. Madrid: *Lápiz* 204, 2004.

López Noguero, Fernando. *Metodología participativa en la enseñanza universitaria.* Madrid: Editorial Narcea, 2005.

Macarrón, Ana. *Conservación del Patrimonio Cultural. Criterios y Normativas*. Madrid: Editorial Síntesis, 2008.

Malagón, Mario J. Algunas reflexiones sobre los enfoques interdisciplinarios a través de una disciplina del ejercicio de la profesión (principal integradora). *Pedagogía Universitaria*. Universidad de Pinar del Río. 2001, Vol. 6, No. 4.

Manovich, Lev. *El lenguaje de los nuevos medios de comunicación. La imagen en la era digital*. Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica, 2005. Paidós Comunicación 163.

Marchan, Simón. *Del Arte Objetual al Arte de Concepto*. Madrid: Akal, 1986.

Martin, Sylvia. *Videoarte*. Taschen GmbH, 2006.

Martínez Miguélez, Miguel. *El paradigma emergente: Hacia una nueva teoría de la racionalidad científica*. México, Editorial Trillas, 1997.

Martínez Miguélez, Miguel. Hacia una Epistemología de la Complejidad y Transdisciplinariedad. *Utopía y Praxis Latinoamericana*, Universidad del Zulia – Venezuela. 2009, Año 14, N. 46.

Martínez Miguélez, Miguel. *La Nueva Ciencia. Su desafío, lógica y método*. México, Editorial Trillas, 1999.

Martínez Miguélez, Miguel. Transdisciplinariedad. Un enfoque para la complejidad del mundo actual. *ConcienciaActiva*. 2003, Vol. 21, No. 1.

Montañés, Manuel. *Metodología y técnica participativa: teoría y práctica de una estrategia de investigación participativa.* Barcelona: Edit. UOC, 2009.

Morin, Edgar. *El Método*. Madrid: Cátedra (Teorema Mayor), 1993.

Moin, Edgar. *Introducción al pensamiento complejo*. Barcelona: Gedisa, 1995.

Munari, Bruno. *Cómo nacen los objetos. Apuntes para una metodología proyectual*. Barcelona: Edit. Gustavo Gili, 1983.

Muñoz Viñas, Salvador. *Teoría contemporánea de la restauración*. Madrid: Editorial Síntesis, 2003.

Muñoz Viñas, Salvador. The artwork that became a symbol of itself: reflections on the conservation of modern art en *Theory and Practice in the Conservation of Modern and Contemporary Art* (Series of Publications by the Hornemann Institute), Archetype Publications Ltd; Bilingual edition, 7 Mayo 2010, pp. 11-22.

Newlove, Jean y Dalby, John. *LABAN for all.* Londres: Nick Hern Books, 2008.

Noguera, Juan F. Restaurar ¿es todavía posible? *Loggia*, No. 1, pp. 6-15, *cit*. en Muñoz, *Teoría Contemporánea de la Restauración*, p. 88.

Nyquist, Harry. Certain topics in telegraph transmission theory. *Trans. AIEE*. 1928, Vol. 47.

Paul, Christiane (Ed). *New Media in the White Cube and Beyond. Curatorial Models for Digital Art*. University of California Press, 2008.

Paul, Christiane. *Digital Art*. Thames & Hudson (world of art), 2008.

Paul, Christiane. Feedback: del objeto al proceso y sistema en *Feedback: Arte que responde a instrucciones, a inputs o a su entorno*, LABoral. Centro de Arte y Creación Industrial, 2007, pp. 26-48.

Peirce, Charles S. Logic as Semiotic: The Theory of Signs en Buchler, Justus (Ed). *Philosophical Writings of Peirce*. New York: Dover Publications, 1955.

Pérez Lobato, Montserrat. *Introducción a las máquinas virtuales*. Instituto de Tecnologías Educativas del Ministerio de Educación, Política Social y Deportes, Junio 2007. Disponible en: http://observatorio.cnice.mec.es/modules.php?op=modload&name=News&file=article&sid=462, [Consulta: 10-10-2010].

Perry, John. *The Story of Standards*. Nueva York: Funk & Wagnalis Co., 1955 *cit*. en Bordwell, David; Staiger, Janet y Thompson, Kristin. *El cine clásico de Hollywood: estilo cinematográfico y modo de producción hasta 1960*. Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica, 1997.

Popper, Frank. *Art of Electronic Age*. Thames & Hudson, 1993.

Prigogine, Ilya. *El fin de las certidumbres*. Madrid: Taurus, 1997.

Prigogine, Ilya. *El nacimiento del tiempo*. Barcelona: Tusquets, 1998.

Reas, Case y Fry, Ben. *Processing. A Programming Handbook for Visual Designers and Artists*. The MIT Press, 2007.

Regil Vargas, Laura. Hipermadia: Medio, lenguaje herramienta del arte digital**.** *Revista Digital Universitaria* [en línea]. 10/10/2005, Vol. 6, No. 10. Disponible en: http://www.revista.unam.mx/vol.6/num10/art97/int97.htm, [Consulta: 15-10-2010].

Rellie, Jemina. Feedback/Feedforward en *Feedback: Arte que responde a instrucciones, a inputs o a su entorno*, Gijón: LABoral. Centro de Arte y Creación Industrial, 2007, pp. 50-61.

Rinehart, Richard. A System of Formal Notation for Scoring Works of Digital and Variable Media Art. *The University of California Digital Arts Research network Home Page*, 2004, http://ucdarnet.org/writing/rinehart.php, [Consulta: 8-12-2010].

Romano, Gustavo. 10 preguntas abiertas sobre conservación de arte electrónico. Seminario *Conservación del Arte Electrónico ¿Qué preservar y cómo preservarlo?* Buenos Aires: Espacio Fundación Telefónica, 2008.

Romero Pérez, Clara. *Paradigma de la complejidad, modelos científicos y conocimiento educativo*. Universidad de Huelva, http://www.uhu.es/agora/version01/digital/numeros/06/06-articulos/monografico/html_6/clara_romero.htm, [Consulta: 5-10-2010].

Rosenblum, Mendel. *The Reincarnation of Virtual*. 2004, http://queue.acm.org/detail.cfm?id=1017000, [Consulta: 10-10-2010].

Rothenberg, Jeff. *Avoiding Technological Quicksand: Finding a Viable Technical Foundation for Digital Preservation*. 1998, http://www.clir.org/pubs/reports/rothenberg/contents.html, [Consulta: 14-2-2009].

Ruano Gómez, Juan de Dios. *Auto-organización: transdisciplinariedad científica y emplazamiento sociológico de una noción de segundo orden.* Tesis doctoral presentada en la Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 2002.

Ruhrberg, Karl, *et al. Arte del siglo XX*. Taschen, 2001.

Rusell, Lynes. *Good Old Modern: An I ntimate Portrait of the Museum of Modern Art*. New York: Atheneum, 1973.

Rush, Michael. *Nuevas Expresiones Artísticas a Finales del Siglo XX*. Barcelona: Ediciones Destino, Thames & Hudson, 2002.

Shannon, Claude E. A Mathematical Theory of Communication. *Bell System Technical Journal*. 1948, Vol. 27.

Shannon, Claude E. Communication in the presence of noise. *Proc. Institute of Radio Engineers*. 1949, Vol. 37.

Solé, Ricard. *Redes Complejas: Del genoma a Internet*. Barcelona: Tusquets, 2009.

Sterling, Bruce. *Digital Decay* en Depocas, Alain; Ippolito, Jon y Jones, Caitlin (Eds). *Digital Decay* en *Permanence through change: The Variable Media Approach*. New York: The Solomon R. Guggenheim Foundation y Montreal: The Daniel Langlois Foundation for Art, Science, and Technology, 2003, pp. 11-22; http://www.variablemedia.net/e/preserving/html/var_pub_index.html, [Consulta: 8-10-2010].

Tribe, Mark y Reena, Jana. *Arte y Nuevas Tecnologías*. Taschen, 2006.

Villaescuerna, Pureza. Videoarte: La evolución tecnológica. Nuevos retos para la conservación. Registro de Videoarte: Aprehendiendo lo intangible. 8ª *Jornada de Conservación de Arte Contemporáneo*. Madrid: MNCARS, 2007, pp. 118-122.

Wands, Bruce. *Art of the Digital Age*. Thames & Hudson, 2006.

Wijers, Gaby. Preservation and/or Documentation: The Conservation of Media Art, http://www.montevideo.nl/en/nieuws/detail.php?archief=&id=72, [Consulta: 15-10-2010].

Wilson, Stephen. *Information Arts: Intersections of Art, Science and Technology* (Leonardo Books). The MIT Press, 2003.

Leyes, Cartas y Documentos

Anés, José *et al*., *Carta de la Transdisciplinariedad*, Convento de Arrábida, Portugal, 1994; http://www.filosofia.org/cod/c1994tra.htm, [Consulta: 8-12-2010].

Carta del Restauro, 1972; http://www.mcu.es/patrimonio/docs/MC/IPHE/Biblioteca/ITALIA_2.pdf, [Consulta: 4-10-2010].

Carta de la conservación y restauración de los objetos de arte y cultura, 1987; http://www.mcu.es/patrimonio/docs/MC/IPHE/Biblioteca/ITALIA.pdf, [Consulta: 8-10-2010].

Carta de la UNESCO para la Preservación del Patrimonio Digital, 28/03/2003, http://arpa.ucv.cl/texto/Preservaci%F3nPatrimonioDigitalUNESCO.pdf, [Consulta: 4-10-2010].

Convención para la salvaguarda del partrimonio cultural inmaterial, http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001325/132540s.pdf, [Consulta: 21-12-2010].

Directrices profesionales de E.C.C.O: la profesión y su código ético; 2002, 2003 y 2004; http://www.gruptecnic.org/2002_directrices_%20profesionales_de_ecco_la_profesion_y_su_codigo_etico.pdf, [Consulta: 4-10-2010].

Ley 16/1985 del Patrimonio Histórico Español de 1985, http://www.mcu.es/patrimonio/docs/ley16-1985.pdf, [Consulta: 4-10-2010].

Memoria Para La Solicitud De Verificación De Títulos Universitarios Oficiales del Grado en Arte Electrónico y Digital. UEM, Mayo 2010.

MNCARS. *Memoria de actividades de 2007*, http://www.museoreinasofia.es/museo/memoria/Pags1175.pdf, [Consulta: 12-10-2010].

Webb, Colin *et al.*, *Directrices para la Preservación del Patrimonio Digital,* preparado por la Biblioteca Nacional de Australia, División de la Sociedad de la Información, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 2003; http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001300/130071s.pdf, [Consulta: 15-11-2009].

Proyectos e Instituciones

Archiving the Avant-Garde, http://www.bampfa.berkeley.edu/about/avantgarde, [Consulta: 4-10-2010].

Documentation and Conservation of the Media Arts Heritage, DOCAM; www.docam.ca, [Consulta: 10-10-2010].

Electronic Arts Intermix, www.eai.org, [Consulta: 1-10-2010].

El Periódico Heróico: Historia, mitología, y primeras reflexiones sobre la conservación y venta de net.art, http://www.hamacaonline.net/upload/recursos_teoricos/periodoheroico.html, [Consulta: 21-12-2010].

Independent Media Arts Preservation, www.imappreserve.org, [Consulta: 4-10-2010].

Inside Installations, http://www.inside-installations.org/ , [Consulta: 10-10-2010].

International Network for the Conservation of Contemporary Art, INCCA; www.incca.org, [Consulta: 10-10-2010].

La fondation Daniel Langlois, www.fondation-langlois.org, [Consulta: 10-10-2010].

mediartbase.de, http://www.mediaartbase.de/index.html?L=1, [Consulta: 10-10-2010].

Media Center, MECAD; www.mecad.org, [Consulta: 12-10-2010].

Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía, MNCARS; www.museoreinasofia.es, [Consulta: 12-10-2010].

Nederlands Intituut voor MediaKunst, NIMK; www.montevideo.nl, [Consulta: 12-10-2010].

Open Archiving System with Internet Sharing, OASIS; www.oasis-archive.eu, [Consulta: 10-10-2010].

PRACTICs of Contemporary Art: The Future, http://www.incca.org/projects/64-current-projects/475-practics, [Consulta: 22-12-2010].

RHIZOME: At the New Museum, www.rhizome.org, [Consulta: 10-10-2010].

Variable Media Network, http://variablemedia.net, [Consulta: 10-10-2010].

ZKM: Center for Art and Media Karlsruhe, www.zkm.de, [Consulta: 10-10-2010].

Referencias Tecnológicas

Aeroflex Gaisler, http://www.gaisler.com/cms/, [Consulta: 10-10-2010].

Amazon Web Services, http://aws.amazon.com/, [Consulta: 15-10-2010].

Bagdasaryan, Armen G. *System Theoretic Viewpoint on Modelling of Complex Systems: Design, Synthesis, Simulation, and Control*, http://arxiv.org/abs/0812.4523, [Consulta: 24-12-2008].

Basecamp, http://www.basecamphq.com/, [Consulta: 15-10-2010].

Beagle Board, http://beagleboard.org/, [Consulta: 10-10-2010].

Bertalanffy, Ludwing von. *General System theory: Foundations, Development, Applications*. New York: George Braziller, 1968. Edición revisada 1976.

Bertalanffy, Ludwing von. *The Organismic Psychology and Systems Theory*. Worcester: Clark University Press, 1968. Heinz Werner lectures.

Bertalanffy, Ludwing von. *Perspectives on General Systems Theory. Scientific-Philosophical Studies*. Ed. Edgar Taschdjian. New York: George Braziller, 1975.

Bertalanffy, Ludwing von. *A Systems View of Man: Collected Essays*. Paul A. LaViolette (Ed). Boulder: Westview Press, 1981.

bochs.com, http://www.bochs.com, [Consulta: 10-10-2010].

BOINC, Berkeley Open Infrastructure for Network Computing, http://boinc.berkeley.edu/, [Consulta: 10-10-2010].

BrookGPU, http://graphics.stanford.edu/projects/brookgpu/, [Consulta: 10-10-2010].

Cliente-Servidor en Java, http://arcos.inf.uc3m.es/~dad/dokuwiki/lib/exe/fetch.php?id=desarrollo_de_aplicaciones_distribuidas&cache=cache&media=transparencias:l3-cliente_servidor_en_java-v1b.pdf, [Consulta: 10-10-2010].

CUDA, http://www.nvidia.es/object/cuda_home_new_es.html, [Consulta: 10-10-2010].

Emulatronia: Juega con tu pasado, http://www.emulatronia.com, [Consulta: 22-12-2010]

Erl, Thomas. *Service Oriented Architecture: Concepts, Technology and Design*. Prentice Hall, 2005.

Erl, Thomas. *Service Oriented Architecture: Guide to Integrating XML and Web Services*. Prentice Hall, 2004.

García, Lino. Ardabasto: Plataforma de Procesado Distribuido Open-Hardware. *LINUX*+. 2008, Vol. 46. Disponible en: http://lpmagazine.org/es/, [Consulta: 22-12-2010].

García, Lino. Cloud Computing: Stairway To Heaven. *LINUX*+. 2009, Vol. 55, pp. 32-34. Disponible en: http://lpmagazine.org/es/, [Consulta: 22-12-2010].

García, Lino. Computación Híbrida: Co-diseño Hardware-Software. *LINUX*+. 2010, Vol. 68, pp. 10-15. Disponible en: http://lpmagazine.org/es/, [Consulta: 22-12-2010].

García, Lino. Comunicación entre Procesos: En busca del eslabón perdido. *LINUX*+. 2010, Vol. 63, pp. 70-75. Disponible en: http://lpmagazine.org/es/, [Consulta: 22-12-2010].

García, Lino. Desarrollo de Sistemas Complejos. *LINUX*+. 2009, Vol. 53, pp. 32-35. Disponible en: http://lpmagazine.org/es/, [Consulta: 22-12-2010].

García, Lino. Interconexión de Sistemas Abiertos. *LINUX*+. 2009, Vol. 55, pp. 38-40. Disponible en: http://lpmagazine.org/es/, [Consulta: 22-12-2010].

García, Lino. La Máquina de la Virtualidad. *LINUX*+. 2009, Vol. 57, pp. 16-20.

García, Lino. Lenguajes, Lenguas y Dialectos. *LINUX*+. 2009, Vol. 52, pp. 18-21. Disponible en: http://lpmagazine.org/es/, [Consulta: 22-12-2010].

García, Lino. Lino Operating System. *LINUX*+. 2009, Vol. 52, pp. 42-44. Disponible en: http://lpmagazine.org/es/, [Consulta: 22-12-2010].

García, Lino. Linux Integrado. *LINUX*+. 2009, Vol. 58, pp. 24-28. Disponible en: http://lpmagazine.org/es/, [Consulta: 22-12-2010].

García, Lino. Metodología para la Evaluación y Desarrollo de Proyectos Transdisciplinares. V *Jornadas Internacionales de Innovación Universitaria*, Madrid: Universidad Europea de Madrid, Septiembre 2008.

García, Lino. Paralelización de Procesos: En busca del tiempo escondido. *LINUX+*. 2010, Vol. 65, pp. 42-47. Disponible en: http://lpmagazine.org/es/, [Consulta: 22-12-2010].

GoGrid, http://www.gogrid.com/, [Consulta: 15-10-2010].

Google App Engine, http://code.google.com/intl/es-ES/appengine/, [Consulta: 15-10-2010].

GPGPU, http://gpgpu.org/, [Consulta: 10-10-2010].

Gumstix Verdex Pro XM4 de gumstix; http://www.gumstix.com/, [Consulta: 10-10-2010].

History of Programming Languages, O'Reilly; http://oreilly.com/news/graphics/prog_lang_poster.pdf, [Consulta: 10-10-2010].

I2C, http://www.i2c-bus.org/, [Consulta: 2-1-2011].

Intel® multicore, http://www.intel.com/multi-core/, [Consulta: 10-10-2010].

ISO 7498-2:1989, http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=14256, [Consulta: 10-10-2010].

Java Micro XML Parser, http://sourceforge.net/projects/uxparser/, [Consulta: 10-10-2010].

KVM, http://www.linux-kvm.org/page/Main_Page, [Consulta: 10-10-2010].

Lawton, Kevin. *Running multiple operating systems concurrently on an IA32 PC using virtualization techniques*. 1999, Vol. 29, http://www.ece.cmu.edu/~ece845/sp05/docs/plex86.txt, [Consulta: 10-10-2010].

Lenguaje de Programación, http://es.wikipedia.org/wiki/Lenguaje_de_programaci%C3%B3n, [Consulta: 10-10-2010].

MinML, http://www.vclcomponents.com/XML/Parsers/Java/MinML-info.html, [Consulta: 10-10-2010].

Modelo de referencia OSI: Interconexión de Sistemas Abiertos, http://web.frm.utn.edu.ar/comunicaciones/modelo_osi.html, [Consulta: 10-10-2010].

Open SystemC Iniciative, http://www.systemc.org/home/, [Consulta: 10-10-2010].

OpenCL, http://s08.idav.ucdavis.edu/munshi-opencl.pdf, http://www.macworld.com/article/134858/2008/08/snowleopard_opencl.html, [Consulta: 8-10-2010].

Paradigmas de Computación Distribuida, http://laurel.datsi.fi.upm.es/~ssoo/LIBRO/Cap3/capitulo3.doc, [Consulta: 10-10-2010].

Picasa, http://picasaweb.google.es/, [Consulta: 15-10-2010].

Pressman, Roger S. *Ingeniería del software. Un enfoque práctico*. Madrid: McGraw-Hill, 2002.

Python-on-a-Chip (p14p), http://code.google.com/p/python-on-a-chip/, [Consulta: 10-10-2010].

RS232-C, http://es.wikipedia.org/wiki/RS-232, [Consulta: 10-10-2010].

RS485, http://es.wikipedia.org/wiki/RS-485, [Consulta: 10-10-2010].

Salesforce, http://www.salesforce.com/es/, [Consulta: 15-10-2010].

SETI@Home, http://setiathome.ssl.berkeley.edu/, [Consulta: 10-10-2010].

Sh, http://www.libsh.org/, [Consulta: 10-10-2010].

SoM-9260M, de EMAC inc.; http://www.emacinc.com/som/som9260.htm, [Consulta: 10-10-2010].

SystemC, http://es.wikipedia.org/wiki/SystemC, [Consulta: 10-10-2010].

TINI® Network Microcontrollers, http://www.maxim-ic.com/products/microcontrollers/tini/, [Consulta: 10-10-2010].

TINI no oficial site, http://www.rawbw.com/~davidm/tini/index.html, [Consulta: 10-10-2010].

TinyVM, http://tinyvm.sourceforge.net/, [Consulta: 1-2-2010].

Vahid, Frank y Givargis, Tony. *Embedded System Design: A Unified Hardware/Software Approach*. Department of Computer Science and Engineering. University of California, 1999.

Verilog, http://www.verilog.com/, [Consulta: 10-10-2010].

VHDL, http://en.wikipedia.org/wiki/VHDL, [Consulta: 13-10-2010].

VirtualBox, http://www.virtualbox.org/, [Consulta: 10-10-2010].

VMware, http://www.vmware.com/, [Consulta: 10-10-2010].

Wine, http://www.winehq.org/, [Consulta: 10-10-2010].

World Wide Web Consortium (W3C), http://www.w3.org/, [Consulta: 10-10-2010].

Xen, http://www.xen.org/, [Consulta: 10-10-2010].

Zimmermann, Hubert. OSI Reference Model–The ISO Model of Architecture for Open Systems Interconnection. *IEEE Transactions on Communications*. 1980, Vol. 28, No. 4, pp. 425-432, http://www.comsoc.org/livepubs/50_journals/pdf/RightsManagement_eid=136833.pdf, [Consulta: 5-10-2010].